

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ « ШАТУН»

Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль «Машиностроение и материалобработка»
профилизация «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 745

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина
«___» _____ 2018г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ « ШАТУН»**

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 745

Исполнитель:
студент гр. ЗТО-503

И.Д. Быкова

Руководитель:
Доцент, к.т.н.

Г. Н. Мигачева

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 104 листа печатного текста, 23 иллюстрации, 19 слайдов, 26 таблиц, 30 использованных источников, 3 приложения.

Ключевые слова: ДЕТАЛЬ «ШАТУН», ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОЦ С ЧПУ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОБОСНОВАНИЕ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, ОПЕРАТОР СТАНКОВ С ЧПУ, УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.

Проектирование технологического процесса механической обработки в условиях среднесерийного производства ведется с учётом применения современного токарного центра с ЧПУ.

Выполнен анализ исходных данных.

Рассчитаны припуска и сконструирована заготовка для детали «Шатун».

Выбран металлорежущий инструмент для всех переходов технологической операции.

Выбраны элементы режима резания для всех операций, выполняемых на ОЦ с ЧПУ и рассчитаны нормы времени на изготовление одной детали.

Составлена управляющая программа.

Приведено экономическое обоснование использования ОЦ с ЧПУ.

Разработано занятие для обучения операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.745.ПЗ			
Изм	Лис			Дата				
Разраб.	Быкова				Разработка технологического процесса механической обработки детали «Шатун» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Мигачева						2	98
Н.контр	Суриков					ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-503		
Зав.каф.	Бородина							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1. Анализ исходной информации	6
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали «Шатун»	6
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали	8
1.1.3. Анализ методов обработки поверхностей.....	12
1.1.4. Определение типа производства	17
1.2. Разработка технологического процесса механической обработки детали «Шатун».....	17
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	17
1.2.2. Выбор технологических баз.....	25
1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей	25
1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Шатун»	26
1.2.5. Выбор средств технологического оснащения	27
1.2.5.1. Выбор и описание оборудования	27
1.2.5.2. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания.....	30
1.2.6. Расчет технических норм времени.....	40
1.3. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Шатун».....	45
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	51
2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	51
2.2. Расчёт капитальных затрат.....	51
2.3. Расчет технологической себестоимости детали	54
3.МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	65

3.1. Условия обучения и возможности обучающей организации	66
3.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчикобрабатывающих центров с ЧПУ»	68
3.3. Разработка учебного плана повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в учебном центре	72
3.4. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ» ..	75
3.5. Выбор и разработка плана и плана-конспекта занятия	79
3.6. Разработка методического обеспечения	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Лист задания по дипломному проектированию.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень листов графических документов.....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплект технической документации.....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Комплект слайдов	104

ВВЕДЕНИЕ

В нынешнее время на предприятиях используют устаревшие технологии механической обработки деталей, а также устаревшие универсальные станки и инструмент. Но существует в наше время и высокопроизводительное оборудование, которое способно превзойти производительность устаревшего оборудования.

Использование станков с ЧПУ дает возможность улучшить точность механической обработки, повысить производительность труда на каждом виде деятельности, минимизировать издержки по производству продукции, создать безопасные условия труда, организовать систему многостаночного обслуживания, использовать обоснованные с точки зрения технологий нормы времени и снизить участие человека в процессе работы.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование технологического процесса изготовления детали «Шатун» с использованием современного режущего инструмента и оборудования с ЧПУ.

Цель ВКР определяет следующие задачи:

- анализ исходных данных;
- проектирование технологического процесса;
- разработка содержания операции изготовления детали «Шатун»;
- разработка управляющей программы;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

При проектировании технологического процесса предполагается использовать современное высокоточное оборудование и эффективный высокопроизводительный инструмент, что обеспечит высокое качество обработки изготавливаемой детали.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ исходной информации

К основным источникам исходных данных относятся: рабочий чертёж детали «Шатун».

Для разработки технологического процесса необходимы данные имеющиеся в справочниках и нормативах машиностроения, тип производства - серийный.

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Шатун - деталь, соединяющая поршень (посредством поршневого пальца) и шатунную шейку коленчатого вала. Служит для передачи возвратно-поступательных движений поршня к коленчатому валу для преобразования во вращательное движение. Для меньшего износа шатунных шеек коленчатого вала между ними и шатунами помещают специальные вкладыши, которые имеют антифрикционное покрытие. Шатун соединяет поршень с шатунной шейкой коленчатого вала и предназначен для передачи усилия от поршня (при рабочем ходе) на коленчатый вал и от коленчатого вала на поршень (при вспомогательных тактах). Конструктивно шатун состоит из стального стержня, верхней и нижней не разъемной головок. Верхняя головка шатуна надета на поршневой палец и тем самым соединена с поршнем. Нижняя головка шатуна установлена на шатунную шейку коленчатого вала.

Шатуны производятся двумя способами - штамповкой из высокопрочной стали или литьем из чугуна. В нашем случае применяется шатун, изготовленный из легированной стали методом горячей штамповки.

В некоторых видах двигателей устанавливаются шатуны, производимые из порошкообразных металлов методом спекания.

Из-за напряженных условий работы данная деталь должна отличаться надежностью, долговечностью и износостойкостью.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Деталь «Шатун» выполнена из материала - сталь конструкционная легированная 12Х2Н4А: Х – хром, Н – никель, А – качественная, 0,12% - процентное содержание углерода, до 2% - процентное содержание хрома, до 4% - процентное содержание никеля [17].

Сталь 12Х2Н4А применяется для высокопрочных ответственных деталей с жесткими требованиями. Они должны обладать высокой жесткостью, вязкой серединой и пластичностью. Такие детали работают в сложных условиях и испытывают ударные нагрузки.

Химический состав материала указан в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71, % [17]

С	Si	Mn	Ni	Cu	S	P	Cr
Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Медь	Сера	Фосфор	Хром
0,1- 0,15	0,17- 0,37	0,3- 0,6	3,25- 3,65	до 0,3	до 0,025	до 0,025	1,25- 1,65

Механические свойства материала указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Механические свойства при T=20°С стали 12Х2Н4А [17]

Марка материала	Предел кратковременной прочности σ_b , МПа	Относительное удлинение при разрыве δ , %
Сталь 12Х2Н4А	1130	10

Твердость 12Х2Н4А после закалки и отпуска ГОСТ 1583-93 HB=217-269.

Физические свойства материала указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Физические свойства стали 12Х2Н4А [17]

T	$E \cdot 10^{-5}$	$\alpha \cdot 10^6$	Λ	P	C	$R \cdot 10^9$
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2.15		36	7800		311
100	2.11	11.8	37		496	343

На рисунке 1 представлена 3D модель детали «Шатун».

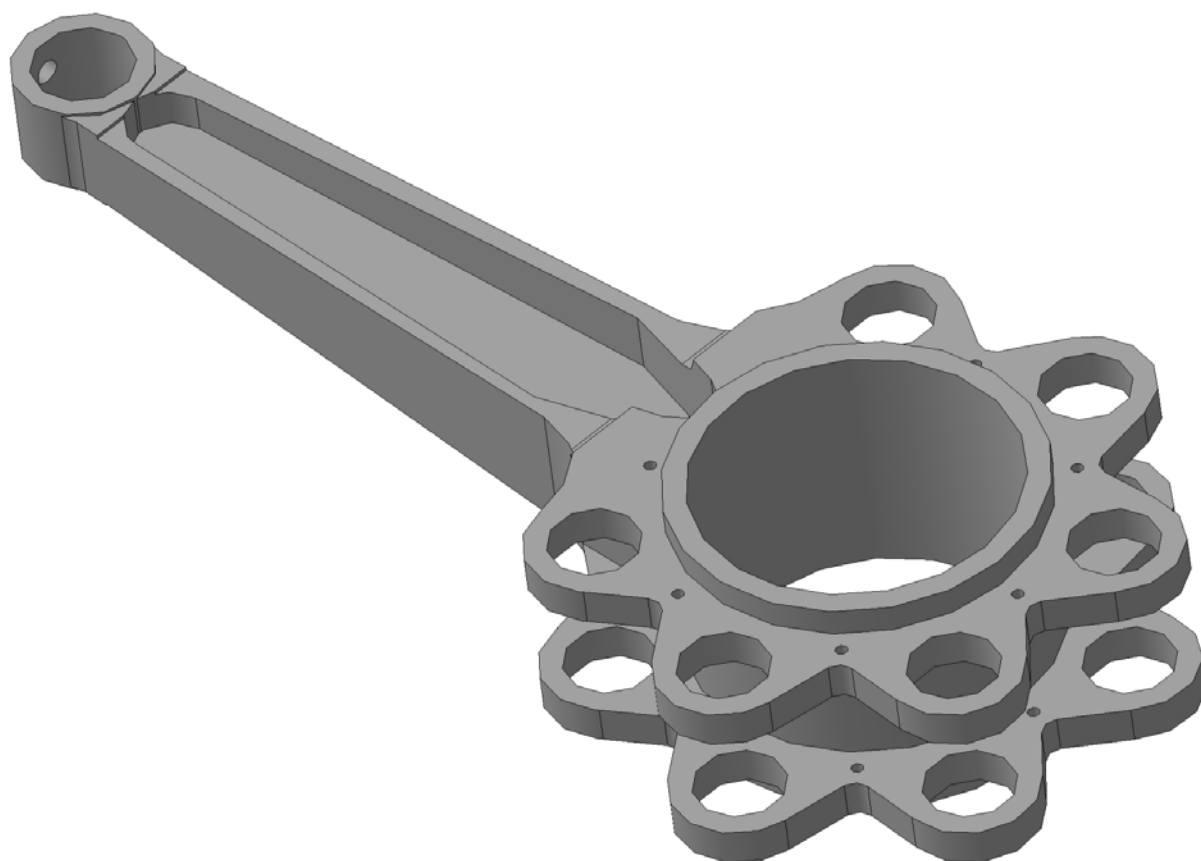


Рисунок 1 - 3D модель детали «Шатун»

Основными преимуществами стали марки 12Х2Н4А являются высокая ударная вязкость и пластичность. Сталь хорошо прокатывается в холодном и горячем состоянии, обладает высокой коррозионной устойчивостью в агрессивных средах. Она успешно применяется практически во всех отраслях промышленности. Изделия из нее характеризуются длительным сроком службы.

Данный материал оптимально подходит для изготовления детали «Шатун» и для условий ее работы.

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Технологичность конструкции детали имеет прямую связь с производительностью труда, затратами времени на технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поэтому проектированию технологического процесса изготовления детали должен предшествовать анализ технологичности её конструкции и в необходимых случаях отработка на технологичность.

Технологичность конструкции детали оценивают на двух уровнях – качественном и количественном.

Качественная оценка технологичности детали

Достоинства детали «Шатун»:

- конфигурация детали и её материал позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объём механической обработки;
- при конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства;
- предусмотрена удобная и надёжная технологическая база в процессе обработки;
- деталь допускает обработку поверхностей на проход;
- предусмотрена возможность удобного подвода жёсткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали;
- обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;
- для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только точных поверхностей.

Недостатки детали «Шатун»:

- ограниченность применения оборудования, так как деталь имеет сложную конфигурацию поверхностей.

При качественной оценке доминируют положительные характеристики, поэтому можно считать, что конструкция детали технологична.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Количественная оценка технологичности детали

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73 и сравниваются с базовыми показателями. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей и сравнить с базовыми показателями. Данные по деталям сведём в таблицы 3 и 4,

где T_i – квалитеты;

$Ш_i$ – значение параметра шероховатости;

n_i – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости.

В соответствии с ГОСТ 18831-73 значения базовых коэффициентов следующие:

- коэффициент точности $K_{T_{баз}} = 0,8$;

- коэффициент шероховатости $K_{Ш_{баз}} = 0,18$.

Определим коэффициент точности по [1, с. 229], а результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 - Определение коэффициента точности

T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$
7	20	140
8	2	16
9	2	18
11	2	22
12	7	84
$\Sigma n_i = 33$		$\Sigma T_i \cdot n_i = 280$

Определим среднюю точность обработки детали [1, с.229]:

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{280}{33} = 8,48$$

Определим базовый и достигнутый коэффициент точности [1, с.229]:

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{8,48} = 0,882$$

т. к. $K_{тч}=0,882 > K_{тбаз} = 0,80$, то деталь по данному показателю технологична.

Определим коэффициент шероховатости [1, с. 229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 - Определение коэффициента шероховатости

$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$
0,8	2	1,6
1,6	16	25,6
3,2	2	6,4
6,3	12	75,6
	$\Sigma n_i = 32$	$\Sigma Ш_i \cdot n_i = 109,2$

Определим среднюю шероховатость [1, с. 229]:

$$Ш_{cp} = \frac{\Sigma Ш_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{109,2}{32} = 3,413$$

Определим коэффициент шероховатости [1, с. 229]:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{3,413} = 0,293$$

т. к. $K_{ш}=0,293 > K_{шбаз} = 0,18$ следовательно, деталь по данному показателю технологична.

Коэффициент использования материала [1]:

$$K_M = \frac{m_{DET}}{m_{ЗАГ}} = \frac{12,41}{17,02} = 0,729$$

Коэффициент использования материала говорит о том, что базовый вариант получения заготовки верен (штамповка) [1].

Из приведенного выше можно заключить, что деталь «Шатун» является технологичной деталью. Для ее изготовления не требуется применение специальных станков и инструмента.

Формулировка основных технологических задач

Исходя из служебного назначения, анализа рабочего чертежа сформулируем основные технологические задачи для изготовления детали «Шатун»:

- Обеспечить точность обработки: 7-ми отверстий М5 по 7Н, отверстия $\varnothing 27,2$ и размер 63мм по 7-му качеству; размеры 30 и 85 мм по 8-му качеству; размеры $\varnothing 33$ и $\varnothing 96$ по 9-му качеству; размеры $\varnothing 110$ по 11-му качеству, остальные размеры по 12-му качеству;

- Обеспечить качество поверхностей: отверстий $\varnothing 96JS9$ и $\varnothing 33JS9$ по Ra0,8мкм; размеры 33JS8, 85JS8, отверстия $\varnothing 27,2H7$ по Ra 1,6мкм; размер 38мм по Ra 3,2мкм; остальных поверхностей по Ra6,3мкм;

- Обеспечить допуск параллельности отв. $\varnothing 33JS9$ относительно базы А в пределах 0,02 мм;

- Обеспечить допуск параллельности отверстий $\varnothing 27,2H7$ относительно базы А в пределах 0,02 мм.

1.1.3. Анализ методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей (МОП) зависят от служебного назначения детали. На рисунке 2 укажем обрабатываемые поверхности и проанализируем методы их обработки. Проанализируем МОП с точки зрения экономической точности, а результаты занесем в таблицу 5 [1].

1.1.4. Определение типа производства

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций (K_{30}) [5, с. 33]:

Тип производства K_{30}

Массовое.....1

Серийное:

крупносерийное.....св. 1 до 10

среднесерийное.....св. 10 до 20

мелкосерийное.....св. 20 до 40

единичное.....св. 40

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

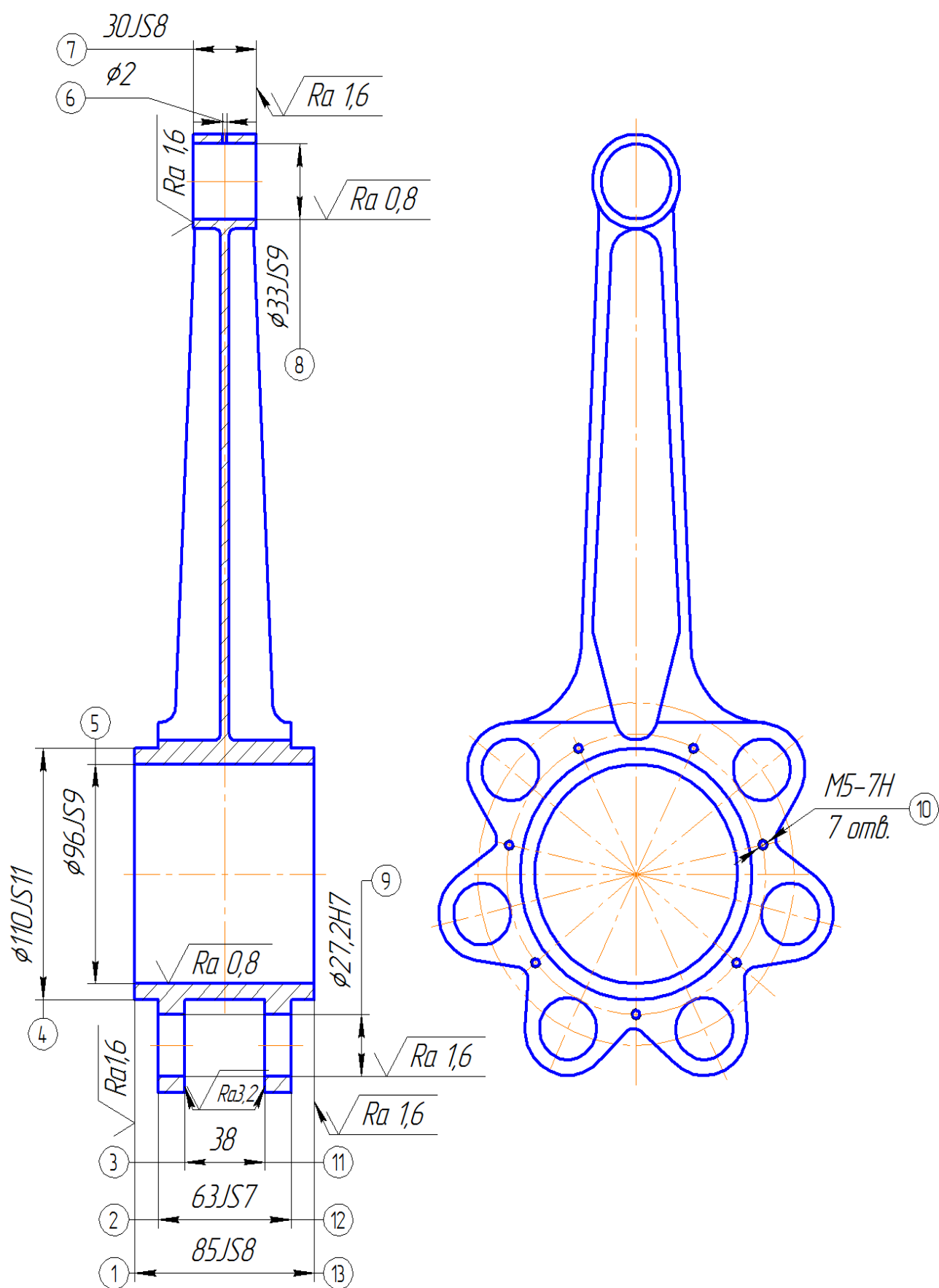


Рисунок 2 - Эскиз детали «Шатун»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

13

Таблица 5 - Выбор МОП экономической точности

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	МОП в М.К.	МОП экономической точности		Примечание
					Квалитет	Шероховатость	
1, 7, 13	Плоскость	8	1,6	Фрезерование черновое, шлифование	7...8	1,6...2,5	Соответствует
2, 12	Плоскость	7	6,3	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Не соответствует
3, 11	Плоскость	12	3,2	Фрезерование однократное	12...14	3,2...6,3	Соответствует
4	Цилиндрическая поверхность	11	6,3	Точение Однократное	12...14	3,2...6,3	Соответствует
5, 8	Отверстие	9	0,8	Точение черновое, чистовое, тонкое	7...8	0,8...1,6	Соответствует
6	Отверстие	12	6,3	Сверление	12...14	6,3...12,5	Соответствует
10	Отверстие резьбовое	7Н	6,3	Сверление, нарезание резьбы	7Н...8Н	3,2...6,3	Соответствует

ДП 44.03.04.745 ПЗ

В таблице 6 представим типы производства в зависимости от массы детали и годовой программы выпуска деталей.

Таблица 6 - Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали кг.	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	Среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	<10	10-2000	1500-100 000	75 000-200 000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000- 50 000	50 000-100 000	100000
2,5-5,0	<10	10- 500	500- 35000	35 000- 75 000	75000
5,0-10	<10	10- 300	300- 25000	25 000- 50 000	50000
>10	<10	10- 200	200- 10000	10000- 25000	25000

При массе детали $m_{\text{дет}} = 12,41$ кг и годовой программе выпуска $N=240$ шт., примем тип производства - среднесерийное.

Определим тип производства по коэффициенту закрепления операций.

Коэффициентом закрепления операций K_{30} определяемого по формуле [5, с. 33]:

$$K_{3.0.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (1)$$

где $\sum O$ - суммарное число различных операций, закреплённых за каждым рабочим местом;

$\sum P$ – суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Располагая данными о штучном времени, определим количество станков по [5, с. 34]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт. (ш-к)}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{3H}}, \quad (2)$$

где N - годовая программа, шт, $N=240$ шт.

$T_{\text{шт. (ш-к.)}}$ - штучное или штучно - калькуляционное время, мин;

Гд - действительный годовой фонд времени, Гд = 4029 ч. (при трехсменной работе);

$\eta_{з.н.}=0,85$ - нормативный коэффициент загрузки

Установим число рабочих мест Р округляя в большую сторону m_p .

Определим фактический коэффициент загрузки $\eta_{з.ф}$ по формуле [5, с. 35]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} \quad (3)$$

Количество операций по формуле [5, с. 36]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (4)$$

Рассчитаем $K_{з.о}$ для проектного варианта тех. процесса:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{13}{5} = 2,6 \quad (5)$$

что соответствует крупносерийному производству, для которого:

$$1 < K_{з.о.} = 2,6 < 10$$

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (6)$$

где а – периодичность поступления заготовок, а=3 дня [5, с. 33].

Тогда:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{240 \cdot 3}{254} = 9 \text{ шт.}$$

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями.

Приспособления – специальные, переналаживаемые.

Режущий инструмент – универсальный и специальный.

Измерительный инструмент – универсальный и специальный.

Настройка станков – станки настроенные.

Размещение технологического оборудования – по ходу технологического процесса.

Виды заготовок – прокат, отливки, штамповки.

Методы достижения точности - метод полной и не полной взаимозаменяемости.

Квалификация рабочих – различная.

Себестоимость продукции – средняя.

1.2. Разработка технологического процесса механической обработки детали «Шатун»

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Исходные данные:

- масса детали 12,41 кг;
- габариты детали: 85х412 мм.
- материал – сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71 ($\sigma_b = 1130\text{МПа}$);
- годовое число деталей 240 шт.

Для изготовления деталей машиностроительные предприятия используют различные виды проката черных и цветных металлов, стальные слитки, чугун, алюминий, порошковые металлургические материалы и пр. При избранном конструктором материале детали возможны различные пути превращения полуфабриката в готовую деталь. Чем короче будет путь такого превращения, тем более экономичным оказывается технологический процесс изготовления детали. Поэтому при разработке технологического процесса, прежде всего, необходимо оценить возможность изготовления детали непосредственно из полуфабриката.

Если для изготовления детали нельзя подобрать полуфабрикат, который сразу можно превратить в готовую деталь, то приходится сначала превращать полуфабрикат в заготовку, а затем – заготовку в готовую деталь.

В таких случаях приходится выбирать полуфабрикат, обеспечивающий

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

экономичное получение заготовки, и изыскать способ получения заготовки, позволяющий превратить ее в деталь с наименьшими затратами труда и материала.

В современном машиностроении для получения заготовок деталей используют разнообразные технологические процессы [3], [18]:

- способы литья (в землю, в опоках, кокильное, центробежное, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, под давлением и др.);
- способы пластического деформирования металлов (свободная ковка, ковка в подкладных штампах, штамповка на молотах и прессах, периодический и поперечный прокат, высадка, выдавливание и др.);
- резка;
- комбинированные способы штамповки – сварки, литья – сварки;
- порошковая металлургия и пр.

Главными факторами, от которых зависит выбор технологического процесса получения заготовки, являются следующие [3], [18]:

- конструктивные формы готовой детали;
- материал, из которого должна быть изготовлена деталь;
- размеры и масса заготовки;
- количественный выпуск деталей в единицу времени и объемы партий;
- стоимость полуфабриката, используемого для получения заготовки;
- себестоимость заготовки, полученной выбранным способом;
- расход материала и себестоимость превращения заготовки в готовую деталь.

Учитывая заданный материал – сталь 12Х2Н4А, требуемой точностью изготовления заготовки - для данной детали «Шатун» мы выбираем способ получения заготовки – штамповка на горизонтально-ковочной машине.

С целью повышения точности размеров и улучшению качества поверхностей применяют полугорячую штамповку, при которой ограничено окалинообразование. Стойкость пуансонов на ГKM 8-10 тысяч штук.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При годовой программе выпуска $N=240$ деталей потребуется один комплект пуансонов. Данный способ получения заготовок соответствует серийному типу производства, дает высокую производительность труда, отвечает нормам безопасности.

Определим исходный индекс заготовки.

Масса детали 12,41 кг;

Масса заготовки $m_3 = 17,02$ кг. По содержанию легирующих элементов сталь 12Х2Н4А относится к группе сталей МЗ. По соотношению объема детали к объему элементарной фигуры в которую вписывается наша деталь $V_{\text{ДЕТ}}/V_{\text{ЗАГ}}=12367757,4/32695250=0,378$ степень сложности С2. Класс точности поковки Т4. При массе заготовке 17,02 кг исходный индекс заготовки равен 16.

Расчет припусков аналитическим методом

Заготовка – штамповка на ГKM.

Материал – сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71.

Масса заготовки – $m_3=17,02$ кг.

Определим припуск на размер отверстия $\varnothing 33JS9 (\pm 0,031)$.

Технологический маршрут обработки отверстия $\varnothing 33JS9 (\pm 0,031)$:

- растачивание черновое;
- растачивание чистовое;
- растачивание тонкое.

Определим элементы припуска [1, с. 186, табл. 12; с. 188, табл. 25] и занесем их в таблицу 7.

Определим пространственные отклонения заготовки [2, с. 67, табл. 4.7]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (7)$$

где $\rho_{\text{см}}$ - смещение поверхностей, примем $\rho_{\text{см}} = 2$ мм;

$\rho_{\text{кор}}$ - коробление поверхностей, определим по формуле [2, с. 37]:

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot \ell = 0,5 \cdot 6 = 0,03 \text{ мм}$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{1,8^2 + 0,03^2} \approx 1,8 \text{ мм} = 1800 \text{ мкм}$$

Остаточные пространственные отклонения [2, с. 37]:

- после растачивания черногового:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 1800 = 90 \text{ мкм},$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 1800 = 36 \text{ мкм}$$

Погрешность установки определим по [2, с. 75, табл. 4.10] и занесем в таблицу 7.

Расчетный минимальный припуск определим по формуле и занесем в таблицу 7.

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (8)$$

Графу D_p заполняем, начиная с последнего (чертежного) размера путем последовательного вычитания расчетного минимального припуска каждого перехода.

Графу D_{\min} получаем по расчетным размерам, округленным до точности допуска перехода.

Графу D_{\max} определим путем сложения допусков к минимальным размерам D_{\min} .

Результаты занесем в таблицу 7.

Определим минимальные значения припусков по формуле:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np}, \quad (9)$$

а максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max}^{np} - D_{\max i-1}^{np} \quad (10)$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 7.

Общий номинальный припуск:

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$2 \cdot Z_{оном} = 2 \cdot Z_{оmin} + \frac{\bar{\sigma}_3}{2} - \bar{\sigma}_3 = 4,131 + \frac{3,2}{2} - 0,062 = 5,669 \text{ мм.}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \bar{\sigma}_{i-1} - \bar{\sigma}_i, \quad (11)$$

$$0,185 - 0,163 = 0,084 - 0,062 = 0,022 \text{ мм}$$

$$0,404 - 0,278 = 0,21 - 0,084 = 0,126 \text{ мм}$$

$$6,68 - 3,69 = 3,2 - 0,21 = 2,99 \text{ мм.}$$

Таблица 7 - Расчет припусков и допусков на отверстие Ø33JS9

Технологические переходы обработки отверстия Ø33JS9	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер D_p , мм	Допуск δ , мм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припуска, мм	
	R _Z	H	ρ	ε				D_{\min}^{np}	D_{\max}^{np}	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	300	1800			27,744	3,2	25,70	28,90		
Гочение черновое	50	50	90	140	2·2305	32,384	0,210	32,38	32,59	3,69	6,68
Гочение чистовое	15	25	36	45	2·200	32,784	0,084	32,784	32,868	0,278	0,404
Гочение тонкое	4	10		45	2·108	33,0	0,062	32,969	33,031	0,163	0,185

$$2 \cdot Z_{0\min} = 4,131 \text{ мм}; 2 \cdot Z_{0\max} = 7,269 \text{ мм}$$

На рисунке 3 изобразим графическую схему припусков и допусков.

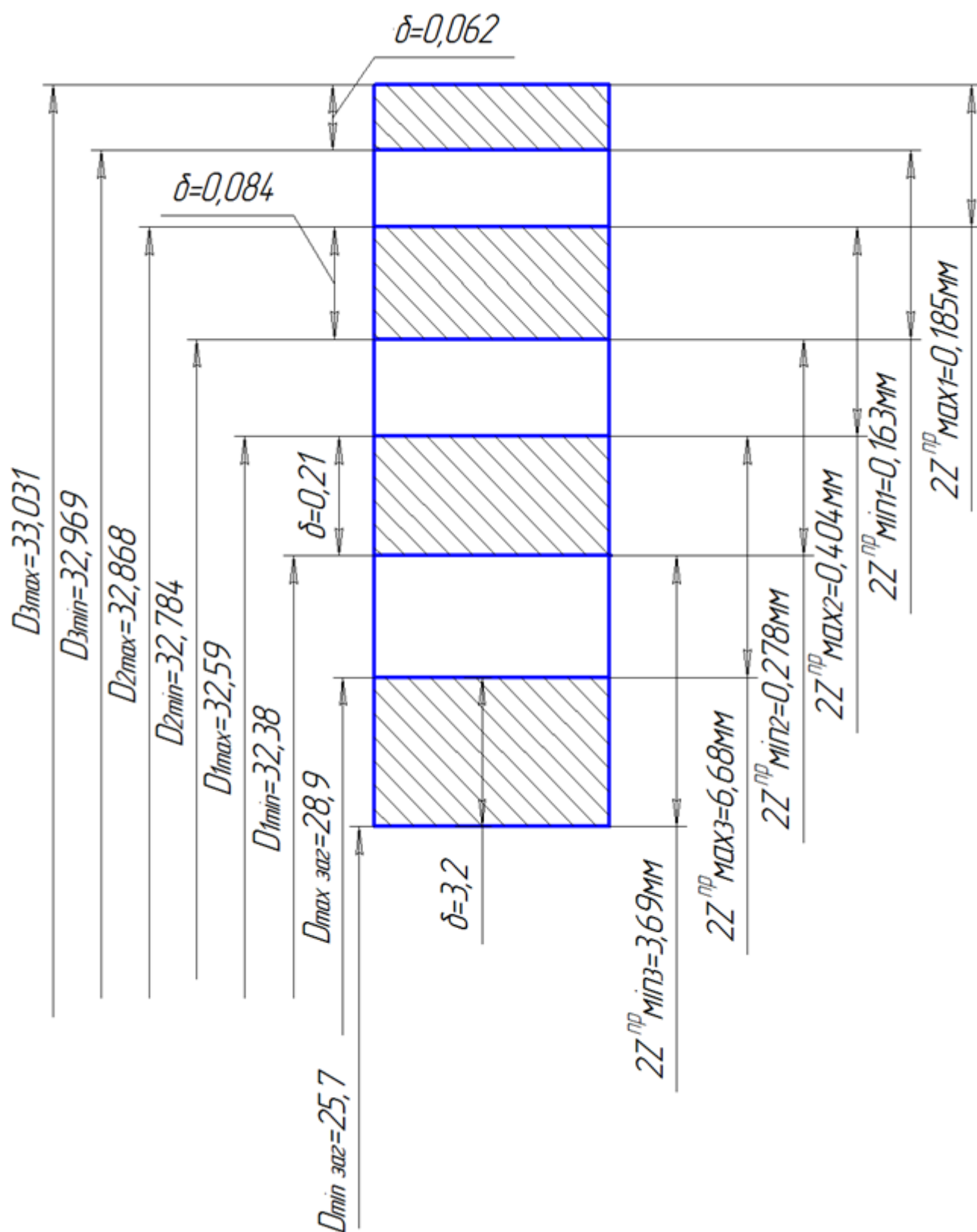


Рисунок 3 - Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\text{Ø}33\text{JS}9$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

22

Табличный метод расчета припусков

На остальные поверхности детали (см. рис. 4) припуски определим по [5, с. 52-55, табл. 3.9 и 3.10], а результаты занесем в таблицу 8.

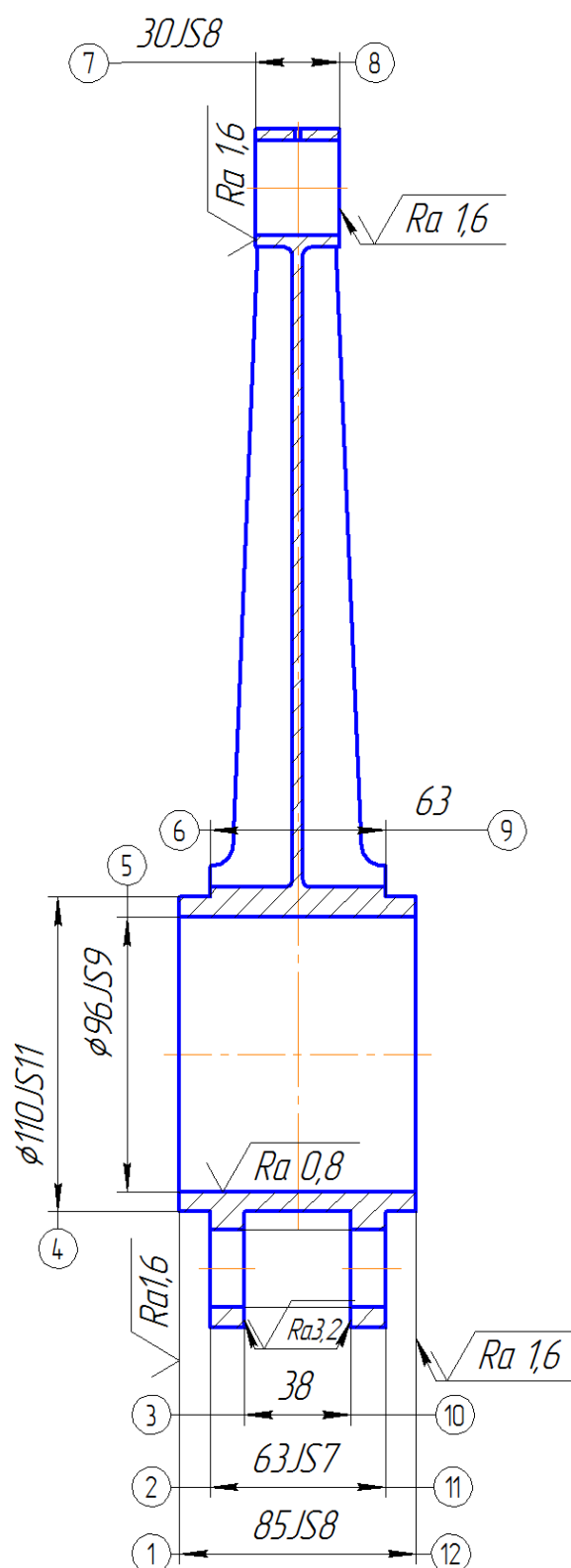


Рисунок 4 - Эскиз детали «Шатун»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

23

Таблица 8 - Припуски и допуски на обработку детали «Шатун»

Технологические переходы	Поверхность	Припуск, мм	Размер, Мм	Отклонения, мм	
				ВО	НО
Заготовка-штамповка	1	3,0	91	+2,4	-1,2
	2	2,5	68	+2,4	-1,2
	3	2,0	34	+1,1	-2,1
	4	2,5	115	+2,7	-1,3
	5	2,5	91	+1,2	-2,4
	6	2,5	68	+2,4	-1,2
	7	2,5	35	+2,1	-1,1
	8	2,5	35	+2,1	-1,1
	9	2,5	68	+2,1	-1,2
	10	2,0	34	+1,1	-2,1
	11	2,5	68	+2,4	-1,2
	12	2,5	91	+2,4	-1,2
Фрезерование Однократное	1	2,88	85,24	+0	-0,22
	3	2,0	38,0	+0,62	-0
	7	2,38	30,24	+0	-0,13
	8	2,38	30,24	+0	-0,13
	10	2,0	38,0	+0,62	-0
	12	2,88	85,24	+0	-0,22
Шлифование	1	0,12	85	+0,027	-0,027
	7	0,12	30	+0,016	-0,016
	8	0,12	30	+0,016	-0,016
	12	0,12	85	+0,27	-0,027
Точение черновое	2	2,5	63	+0,015	-0,015
	4	2,5	110	+0,11	-0,11
	5	2,15	95,3	+0,35	-0
	6	2,5	63	+0	-0,74
	9	2,5	63	+0	-0,74
	11	2,5	63	+0,015	-0,015
Точение чистовое	5	0,25	95,8	+0,11	-0,11
Точение тонкое	5	0,1	96	+0,043	-0,043

1.2.2. Выбор технологических баз

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при сборке и обработке заготовок на станках.

Выделяют основные и вспомогательные базы, черновые и чистовые базы.

К основным технологическим базам относят боковые плоскости – размеры 30JS8, 85JS8 и отверстия $\varnothing 72,7H7$.

К вспомогательным базам относят отверстия $\varnothing 33JS9$ и $96JS9$

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первых операциях, когда отсутствуют обработанные плоскости.

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при чистовой обработке поверхностей.

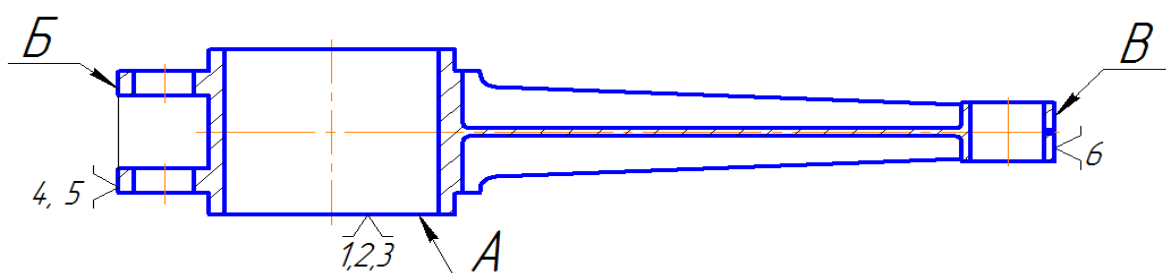


Рисунок 5 - Базирование детали при обработке

В нашем случае черновой базой будет поверхность А (лишает деталь трёх степеней свободы – одного перемещения и двух вращений), поверхность Б (лишает деталь двух степеней свободы – двух перемещений), поверхность В (лишает деталь одной степени свободы – вращения).

Таким образом, базирование полное. Схема базирования детали при обработке показана на рисунке 5.

1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей

На рисунке 2 обозначим обрабатываемые поверхности.

Методы обработки будем выбирать по таблицам экономической точности [1, с. 150 табл. 3]:

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- плоскости 1, 7 и 13 – фрезерование черновое и чистовое;
- поверхности 2, 4 и 12 – точение однократное;
- поверхности 3 и 11 – фрезерование однократное;
- отверстия 5 и 8 – растачивание черновое, чистовое, тонкое;
- отверстие 6 – сверление;
- отверстие 9 – сверление, зенкерование, развертывание;
- отверстие 10 – сверление и нарезание резьбы.

1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Шатун»

Основными задачами обработки резанием является изготовление с заданной производительностью деталей требуемого качества из выбранных конструкторами материалов при минимально возможных производственных затратах. В зависимости от этих требований разрабатывается технологический процесс обработки, выбирается оборудование, режущий и мерительный инструмент.

Разработанный технологический процесс: маршрут обработки детали «Шатун», выбор оборудования показан в таблице 8, поверхности обрабатываемые обозначены на рисунке 2.

Таблица 8 - Маршрут технологического процесса, выбор оборудования

№ опер	Наименование операции	Оборудование
1	2	3
005	<u>Установ А</u> 1.Фрезеровать поверхности 7 и 13. 2.Фрезеровать поверхность 12. 3.Расточить отверстия 5 и 8 предварительно	Hermle C30U
	<u>Установ Б</u> 1.Фрезеровать поверхности 1 и 7.	

Окончание таблицы 8

1	2	3
005	2. Фрезеровать поверхность 2. 3. Расточить отверстия 5 и 8 предварительно. 4. Сверлить отверстие 6. 5. Сверлить и зенкеровать отверстия 9. 6. Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 10. 7. Расточить отверстия 5 и 8 окончательно.	Hermle C30U
015	Слесарная	Верстак слесарный
020	Промывочная	Машина мочная
025	Контрольная	Стол контрольный

1.2.5. Выбор средств технологического оснащения

К средствам технологического оснащения относятся: технологическое оборудование; технологическая оснастка (в том числе инструменты и средства контроля); приспособление, средства механизации и автоматизации технологических процессов [5, с. 77].

1.2.5.1. Выбор и описание оборудования

Выбор типа станка сочетается с его возможностями обеспечить технические требования, формы и качества обрабатываемых поверхностей.

При выборе станка особое внимание следует обратить на использование обрабатывающих центров с ЧПУ, являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в машиностроении.

В ВКР предлагается использовать обрабатывающий 5-координатный центр с ЧПУ Hermle C30U (рис. 6). Данное оборудование расположено на площадях предприятия.



Рисунок 6 - 5-ти координатный центр с ЧПУ Hermle C30U

Многофункциональный 5-координатный центр с ЧПУ Hermle C30U – это один из ключевых станков, которыми оснащено предприятие. Он предназначен для механической пятиосевой обработки высокой точности.

Немецкий станок Hermle – это высокопроизводительное оборудование, которое зарекомендовало себя на мировом рынке как один из лучших экземпляров в своем классе. Он обеспечивает экономичную и высокоточную обработку объемных деталей (изготовление пресс-форм для кокильного литья, литья под давлением и других деталей).

Центр с ЧПУ Hermle C30U позволяет одновременно выполнять различные виды операций, что повышает точность, экономит время и гарантирует высокое качество продукции.

Преимущества центр с ЧПУ Hermle C30U:

- станок обеспечивает точность обработки - 2 мкм;
- скорость подачи (перемещения) - 45 000 мм/мин;
- вращение шпинделя происходит со скоростью 18 000 об/мин;

- рабочая зона обработки - 650x600x500 мм.

Таблица 9 – Технические характеристики станка Hermle C30U

1	2	3	4		
Наклонно-поворотный стол	Размер стола	Мм	650		
	Поверхность зажима	Мм	650x540		
	Допустимая нагрузка на стол	Кг	1000		
Шпиндель	Скорость вращения	Об/мин	18000		
	Конус шпинделя	—	Hsk-63a		
	Мощность привода	Квт	20		
	Макс. Крутящий момент	Нм	180		
Перемещения	Ось x	Мм	650		
	Ось y	Мм	650		
	Ось z	Мм	500		
Подачи	Быстрая подача		Ось x	м/мин	45
	Быстрая подача		Ось y	м/мин	45
	Быстрая подача		Ось z	м/мин	45
Автоматический сменщик инструмента	Количество инструментов	Ед.	36		
	Макс. Диаметр инструмента	Мм	80		
	Макс. Диаметр инструмента при своб. Ячейках	Мм	125		
	Макс. Длина инструмента	Мм	300		
	Макс. Вес инструмента	Кг	8		
	Время смены инструмента		И-и	С	4,5
	Время смены инструмента		С-с	С	6

Окончание таблицы 9

1	2	3	4
Точность	Позиционирование	±мкм	5
Габариты	Длина	Мм	3630
	Ширина	Мм	3200
	Высота	Мм	3360
	Вес станка	Кг	11000
Энергопотребление	Напряжение	В, гц	380, 50
	Потребляемая мощность	Квт	45
Система ЧПУ		—	Sinumerik 840Di

1.2.5.2. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «SECO».

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «SECO» [13, 14, 15].

Материал детали – сталь 12X2H4A по классификации компании «SECO» относится к группе М-5 [16, с. 694].

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ.

Установ А.

Переход 1. Фрезеровать поверхность 7 (рис. 2).

Фреза торцевая R220.53-0050-09-5А (рис. 7) [16, с. 126].

Размеры державки: $D_C=50\text{мм}$, $D_{C2}=52\text{мм}$, $L_1=47\text{мм}$ $a_p=4,5\text{мм}$, $D_{5m}=47\text{мм}$, $z=5$ [16, с. 126].

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

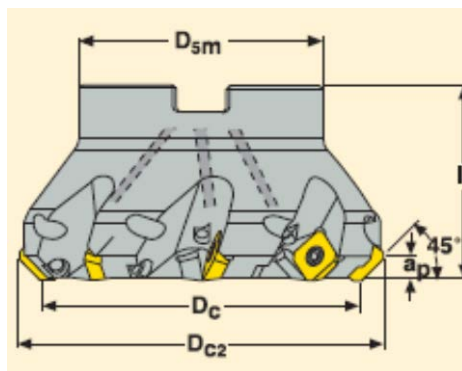


Рисунок 7 – Фреза торцева R220.53-09

Пластина SEEX 09T3AFN-M04 MM4500 [16, с. 603].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [16, с. 130-131]:
 $f=0,11\text{ мм/зуб}$, $V_c=90\text{ м/мин}$.

Фрагмент каталога «SECO» для выбора фрезы, пластины и материала показан на рисунках 8 и 9.

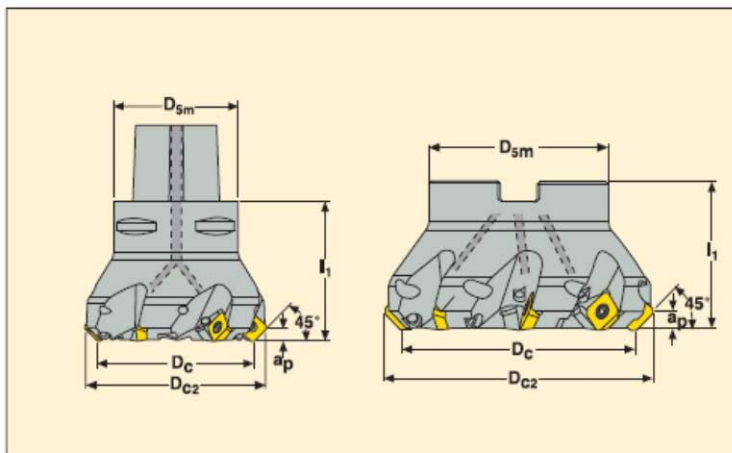
Тоцевые фрезы



R220.53-09



- Для подбора пластин и рекомендаций по режимам резания см. стр. 130-131
- Номенклатуру пластин см. на стр. 603



Шаг	Обозначение	Тип крепления	Размеры в мм								Пластина
			a_p	D_c	D_{c2}	D_{5m}	L_1				
Нормальный	R220.53 -0032-09-4A	Оправка	4,5	32	42	35	40	4	0,3	19800	SE..09T3
	C5-R217.53 -040-09-4A	Seco-Capto	4,5	40	50	50	55	4	0,8	17700	SE..09T3
	R220.53 -0040-09-4A	Оправка	4,5	40	50	47	40	4	0,4	17700	SE..09T3
	C5-R217.53 -050-09-5A	Seco-Capto	4,5	50	60	60	55	5	0,9	15800	SE..09T3
	R220.53 -0050-09-5A	Оправка	4,5	50	52	47	40	5	0,5	15800	SE..09T3
	C5-R217.53 -063-09-6A	Seco-Capto	4,5	63	73	73	55	6	1,1	14100	SE..09T3
	R220.53 -0063-09-6A	Оправка	4,5	63	73	47	40	6	0,6	14100	SE..09T3

Рисунок 8 – Выбор фрезы торцевой

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

31

SEE.09



Размер	Размеры в мм	
	l	s
SE..09T3	9,52	3,97



Обозначение	В	Перед. угол	Сплавы																
			С покрытием												Без покрытия			Кермет	
			MP1500	MP2500	MP3000	MH1000	MM4500	MK1500	MK2050	MS2050	MS2500	T350M	F15M	F25M	F40M	HX	H15	H25	MP1020
SEEX 09T3AFTN-M08	1,5	0 °						■	■				■					■	
09T3AFN-E04	1,5	25 °												■		■			
09T3AFN-M05	1,5	0 °			■					■				■					
09T3AFTN-D09	1,5	0 °	■																
09T3AFTN-ME07	1,5	22 °		■				■				■		■					
SEMEX 09T3AFTN-ME06	1,5	25 °		■								■		■					
09T3AFTN-M08	1,5	0 °		■				■				■		■					

Рисунок 9 – Выбор пластины и материала пластины из каталога фирмы «SECO»

Расшифруем обозначение фрезы торцевой R220.53-0050-09-5А:

где R – правое вращение, 220 – крепление к оправке, 53 – система фрез, 0050 – диаметр фрезы, 09 – размер пластин, 5 – число пластин, подача СОЖ.

Расшифруем обозначение пластины SEEX 09T3AFN-M04 MM4500

где обозначено: S - форма пластины (квадрат 90°), E - задний угол (равен 20°), E – класс допуска, X – тип СМП, 09 – номинальная длина режущей кромки (9,52мм), T3 – толщина (3,97мм), AF – пластина с фаской, N – направление резания (нейтральное) [16, с. 9-10], MM4500 – материал пластины, твердый сплав, предназначен для обработки нержавеющей сталей и сплавов широкого диапазона при нестабильных режимах [16, с. 13].

Переход 2. Фрезеровать поверхность 13 (рис. 2).

Фреза торцевая R220.53-0125-09-8C (рис. 7) [16, с. 128].

Размеры державки: $D_C=125\text{мм}$, $D_{C2}=135\text{мм}$, $L_1=63\text{мм}$ $a_p=4,5\text{мм}$, $D_{5m}=90\text{мм}$, $z=8$ [16, с. 128].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

32

Пластина SEEX 09T3AFN-M04 MM4500 [16, с. 603].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [16, с. 130-131]:
 $f=0,11\text{ мм/зуб}$, $V_c=90\text{ м/мин}$.

Переход 3. Фрезеровать поверхность 12 (рис. 2).

Фреза 553L160Z3.0-SIRON-A (рис. 10) [17, с. 43].

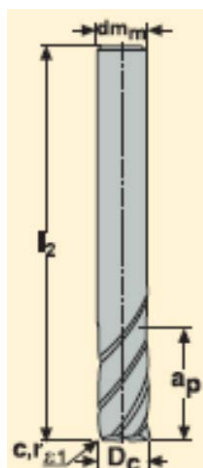


Рисунок 10 – Фреза цельная т/с концевая

Размеры фрезы: $D_c=16\text{ мм}$, $d_{mm}=16\text{ мм}$, $L_2=110\text{ мм}$, $a_p=50\text{ мм}$, $z=3$ [18, с. 43].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,055\text{ мм/зуб}$, $V_c=50\text{ м/мин}$ [18, с. 51].

Переход 4. Расточить отверстие 5 предварительно.

Головка для черновой расточки A75010 [14, с. 487] (рис. 11).

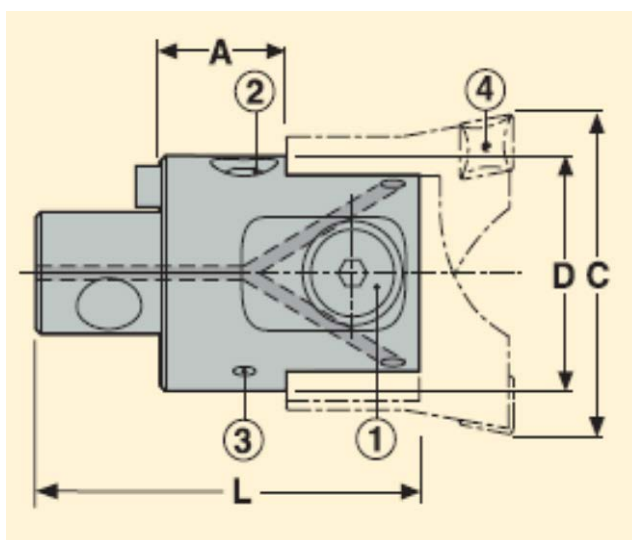


Рисунок 11 - Головка для черновой расточки EPB 750

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

33

Размеры расточной головки (рис. 11): $A=13.5\text{мм}$, $D=21.5\text{мм}$, $C=23...31\text{мм}$, $L=42.5\text{мм}$ [14, с. 487].

Черновая резцовая вставка A75010CC0690 [14, с. 489] (рис. 12).

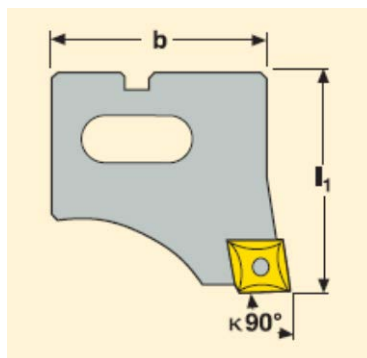


Рисунок 12 - Черновая резцовая вставка EPB 750 10

Размеры резцовой вставки (рис. 12): $l_1=26.5\text{мм}$, $b=21.5\text{мм}$ [14, с. 489].

Пластина CCMT 060204-F2 TM4000 [14, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,10-0,50\text{ мм/об}$ [14, с. 594], $V_c=90\text{м/мин}$ [14, с. 596].

Переход 5. Расточить отверстие 8 предварительно.

Головка для черновой расточки A75060 [14, с. 487] (рис. 11).

Размеры расточной головки (рис. 11): $A=37\text{мм}$, $D=70\text{мм}$, $C=85...144\text{мм}$, $L=119\text{мм}$ [14, с. 487].

Черновая резцовая вставка A75060CC1290 [14, с. 489] (рис. 12).

Размеры резцовой вставки (рис. 12): $l_1=68\text{мм}$, $b=70\text{мм}$ [14, с. 489].

Пластина CCMT 120408-F2 TM4000 [14, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30-0,80\text{ мм/об}$ [14, с. 594], $V_c=100\text{м/мин}$ [14, с. 596].

Установ Б.

Переход 1. Фрезеровать поверхность 7 (рис. 2).

Фреза торцевая R220.53-0050-09-5A (рис. 7) [16, с. 126].

Размеры державки: $D_C=50\text{мм}$, $D_{C2}=52\text{мм}$, $L_1=47\text{мм}$ $a_p=4,5\text{мм}$, $D_{5m}=47\text{мм}$, $z=5$ [16, с. 126].

Пластина SEEX 09T3AFN-M04 MM4500 [16, с. 603].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [16, с. 130-131]:
 $f=0,11\text{мм/зуб}$, $V_c=90\text{м/мин}$.

Переход 2. Фрезеровать поверхность 1 (рис. 2).

Фреза торцевая R220.53-0125-09-8C (рис. 7) [16, с. 128].

Пластина SEEX 09T3AFN-M04 MM4500 [16, с. 603].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [16, с. 130-131]:
 $f=0,11\text{мм/зуб}$, $V_c=90\text{м/мин}$.

Переход 3. Фрезеровать поверхность 2 (рис. 2).

Фреза 553L160Z3.0-SIRON-A (рис. 10) [17, с. 43].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,055\text{ мм/зуб}$, $V_c=50\text{м/мин}$ [18, с. 51].

Переход 4. Расточить отверстие 5 предварительно.

Головка для черновой расточки A75010 [14, с. 487] (рис. 11).

Черновая резцовая вставка A75010CC0690 [14, с. 489] (рис. 12).

Пластина CCMT 060204-F2 TM4000 [14, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,10-0,50\text{ мм/об}$ [14, с. 594],
 $V_c=90\text{м/мин}$ [14, с. 596].

Переход 5. Расточить отверстие 8 предварительно.

Головка для черновой расточки A75060 [14, с. 487] (рис. 11).

Черновая резцовая вставка A75060CC1290 [14, с. 489] (рис. 12).

Пластина CCMT 120408-F2 TM4000 [14, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30-0,80\text{ мм/об}$ [14, с. 594],
 $V_c=100\text{м/мин}$ [14, с. 596].

Переход 6. Сверлить отверстие 6 (рис. 2).

Сверло SD206A-2.00-12.0-3R1 [14, с. 61],

где SD206 – тип сверла, 12.00 – диаметр сверла (2мм), 12 – глубина сверления (12мм), 3 – диаметр хвостовика, R – правое вращение, 1 – тип хвостовика (цилиндрический) [14, с. 20] (рис. 13).

Размеры сверла (рис. 13): $l_2=50\text{мм}$, $l_{1s}=12\text{мм}$, $dm_m=3\text{мм}$ [14, с. 61].

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,075$ мм/об, $V_c=36$ м/мин [14, с.129].

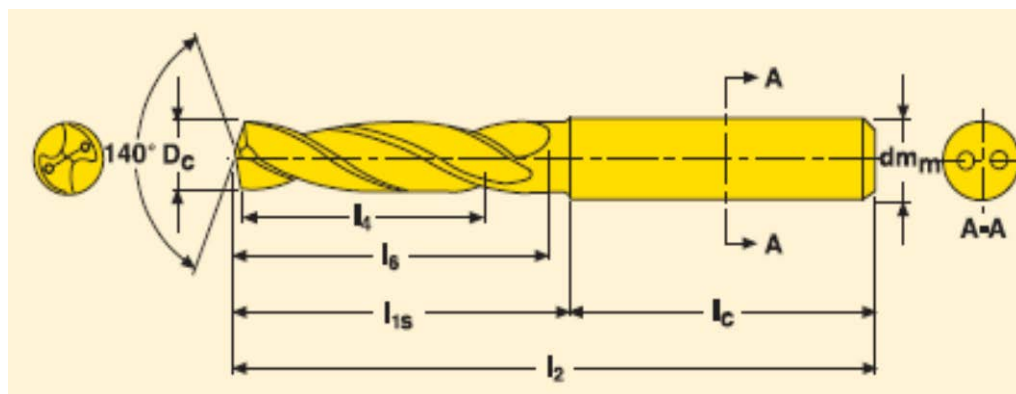


Рисунок 13 – Сверло цельное монолитное

Переход 7. Сверлить предварительно 6-ть отверстий 9 в размер $\varnothing 27$.
Сверло SD502-27-54-32R7 (рис. 14) [14, с. 183].

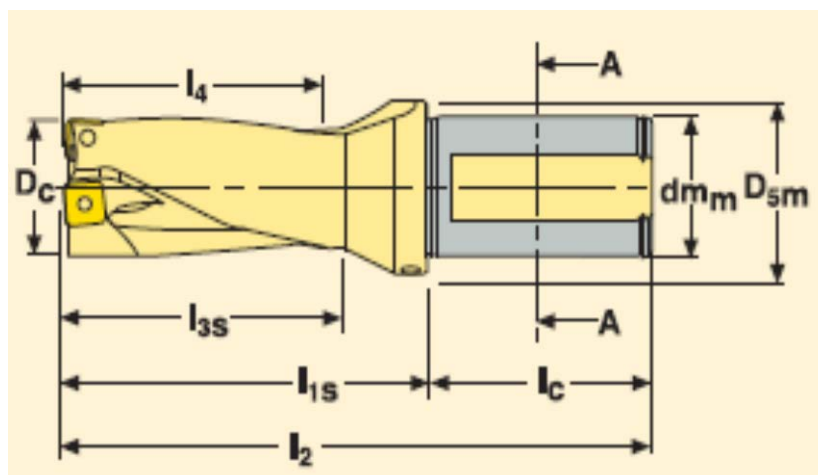


Рисунок 14 – Сверло с СМП

Размеры сверла (рис. 14): $D_c=27$ мм; $l_2=144$ мм, $l_{1s}=84$ мм, $l_c=60$ мм, $l_4=54$ мм, $l_{3s}=59$ мм, $dm_m=32$ мм, $D_{5m}=42$ мм [14, с. 183].

Центральная СМП SPGX 0903-C1 T400D [14, с. 216].

Периферийная СМП SCGX 09T308-P1 T250D [14, с. 215].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,10$ мм/об, $V_c=60$ м/мин [14, с.218].

Переход 8. Развернуть 6-ть отверстий 9.

Хвостовик развертки PM15-12700-25N1 [14, с. 327] (рис. 15).

Размеры хвостовика развертки (рис. 15): $l_2=185$ мм, $l_{2by}=165$ мм, $l_3=127$ мм, $l_c=56$ мм, $dm_m=25$ мм [14, с. 327].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

36

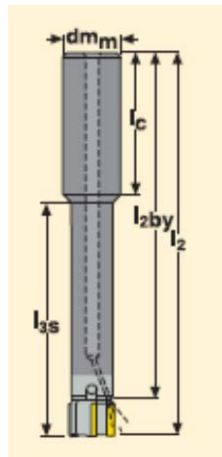


Рисунок 14 – Хвостовик развертки

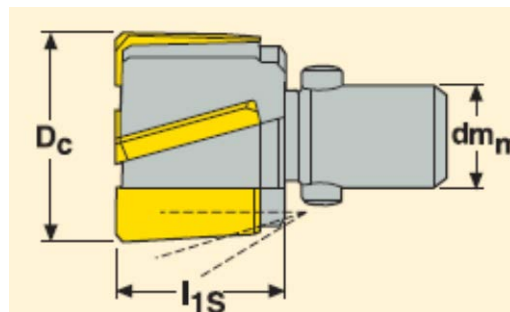


Рисунок 15 – Головка развертки

Головка развертки РМ60-27,2Н7-ЕВ45 RX2000 [14, с. 326] (рис. 16).

Размеры головки развертки (рис. 15): $l_{1s}=20\text{мм}$, $dm_m=15\text{мм}$, $Z=6$ [14, с. 326].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,15\text{ мм/об}$, $V_c=25\text{м/мин}$ [14, с.333].

Переход 9.Сверлить отверстия 10 под резьбу.

Сверло SD203A-C45-4.3-13.6-6R1 [14, с. 71] (рис. 16).

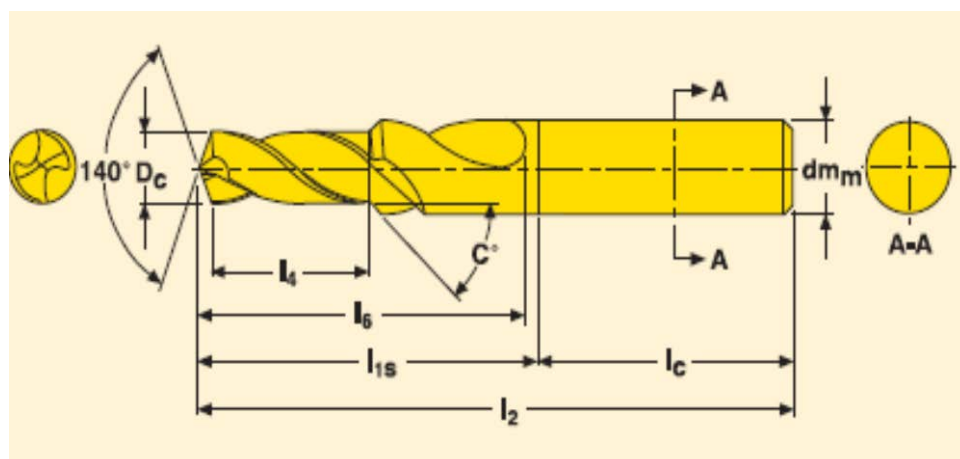


Рисунок 16 – Сверло цельное монолитное с фаской

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

37

Размеры сверла (рис. 16): $l_2=66\text{мм}$, $l_{1s}=30\text{мм}$, $l_C=36\text{мм}$, $l_6=24\text{мм}$, $dm_m=6\text{мм}$ [14, с. 71].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,075\text{ мм/об}$, $V_c=42\text{м/мин}$ [14, с.122].

Переход 10.Фрезеровать резьбу в отверстиях 10.

Резьбофреза DTM-M5x0.8ISO-6R1 (рис. 17) [14, с. 264].

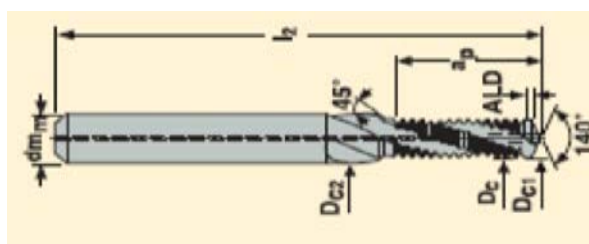


Рисунок 17 - Резьбофреза

Размеры резьбофрезы (рис. 17): $D_c=4,1\text{мм}$, $D_{c1}=4,2\text{мм}$, $D_{c2}=5,3\text{мм}$, $l_2=55\text{мм}$, $a_p=11,65\text{мм}$, $dm_m=6\text{мм}$, $z=2$ [14, с. 264].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,0022\text{ мм/зуб}$, $V_c=39\text{м/мин}$ [14, с.253].

Переход 11. Расточить отверстие 5 окончательно.

Головка для чистовой расточки A76003 [14, с. 509] (рис. 18).

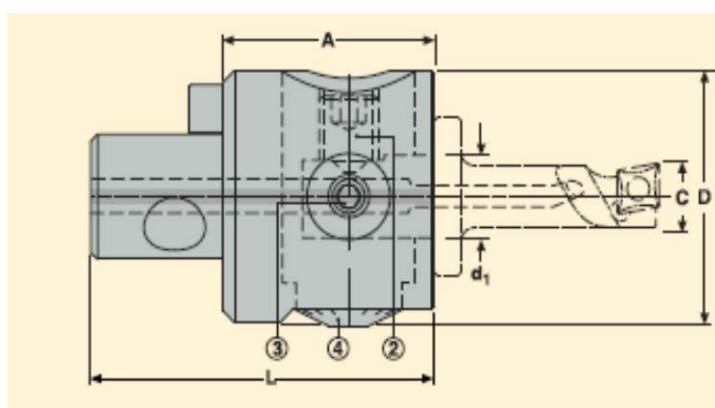


Рисунок 18 - Головка для чистовой расточки ЕРВ 750

Размеры расточной головки (рис. 11): $A=45\text{мм}$, $D=54\text{мм}$, $C=6...108\text{мм}$, $L=75\text{мм}$, $d_1=16\text{мм}$ [14, с. 509].

Резцовая вставка A765R4 [14, с. 515] (рис. 19).

Пластина CCMT 060204-F2 TM4000 [14, с. 594].

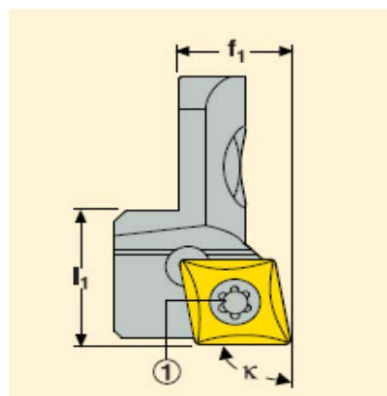


Рисунок 19 – Резцовая вставка

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,07$ мм/об [14, с. 594],
 $V_c=120$ м/мин [14, с. 596].

Переход 12. Расточить отверстие 8 окончательно.

Головка для чистовой расточки A76003 [14, с. 509] (рис. 18).

Резцовая вставка A765R4 [14, с. 515] (рис. 19).

Пластина CCMT 060204-F2 TM4000 [14, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,07$ мм/об [14, с. 594],
 $V_c=120$ м/мин [14, с. 596]

Для операций элементы режима резания определим по каталогу фирмы
 «SECO», а результаты занесем в таблицу 10.

Таблица 10 - Элементы режима резания по операциям

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	So, мм/об	Sm, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005					
Комплексная на ОЦ с ЧПУ					
Установ А					
Переход 1	2,5	0,55	315	573	90
Переход 2	3,0	0,88	202	229	90
Переход 3	2,5	0,165	164	995	50
Переход 4	2,0	0,40	119	298	90
Переход 5	2,3	0,40	348	869	90
Установ Б					
Переход 1	2,5	0,55	315	573	90
Переход 2	3,0	0,88	202	229	90
Переход 3	2,5	0,165	164	995	50

$t_{от}$ - время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Вспомогательное время определяется по формуле [7, с. 99]:

$$t_B = t_{yc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{и.з}, \quad (12)$$

где t_{yc} - время на установку и снятие детали, мин.;

$t_{з.о}$ - время на закрепление и открепление детали, мин.;

$t_{уп}$ - время на приемы управления, мин.;

$t_{изм}$ - время на измерение детали, мин.

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [7, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (13)$$

где $t_{тех}$ - время на техническое обслуживание, мин.;

$t_{орг}$ - время на организационное обслуживание, мин.;

Основное время [7, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (14)$$

где l - расчетная длина, мм.;

i - число рабочих ходов.

Расчетная длина [7, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер}, \quad (15)$$

где l_0 - длина обработки поверхности, мм.;

$l_{вр}$ - величина врезания инструмента, мм.;

$l_{пер}$ - величина перебега, мм.

Определим $T_{ш-к}$ на операции 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ.

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Переход 1. Фрезеровать поверхность 7.

Длина обрабатываемой поверхности: $\ell_o = 45\text{мм}$.

Величина врезания и перебега [7, с. 95]:

$$\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 32\text{мм}.$$

Тогда:

$$\ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 45 + 32 = 77\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o1} = \frac{77}{315} = 0,24\text{мин}$$

Переход 2. Фрезеровать поверхность 13.

$\ell_o = 120\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 69\text{мм}$, $\ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 120 + 69 = 189\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o2} = \frac{189}{202} = 0,94\text{мин}$$

Переход 3. Фрезеровать поверхность 12.

$\ell_o = 475\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 32\text{мм}$, $\ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 475 + 32 = 507\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o3} = \frac{507}{164} \cdot 1 = 3,09\text{мин}$$

Переход 4. Расточить отверстие 5 предварительно.

$\ell_o = 85\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 7,5\text{мм}$, $\ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 85 + 7,5 = 92,5\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o4} = \frac{92,5}{119} \cdot 1 = 0,77\text{мин}$$

Переход 5. Расточить отверстие 8 предварительно.

$\ell_o = 32\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 3,5\text{мм}$, $\ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 32 + 3,5 = 35,5\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o5} = \frac{35,5}{348} \cdot 1 = 0,10\text{мин}$$

Общее машинное время на установке А:

$$t_{oA} = 0,24 + 0,94 + 3,09 + 0,77 + 0,10 = 4,14\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Установ Б

Переход 1. Фрезеровать поверхность 7.

Длина обрабатываемой поверхности: $\ell_0 = 45\text{мм}$.

Величина врезания и перебега [7, с. 95]: $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 32\text{мм}$.

Тогда:

$$\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 45 + 32 = 77\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{77}{315} = 0,24\text{мин}$$

Переход 2. Фрезеровать поверхность 1.

$\ell_0 = 120\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 69\text{мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 120 + 69 = 189\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{02} = \frac{189}{202} = 0,94\text{мин}$$

Переход 3. Фрезеровать поверхность 2.

$\ell_0 = 475\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 32\text{мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 475 + 32 = 507\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{03} = \frac{507}{164} \cdot 1 = 3,09\text{мин}$$

Переход 4. Расточить отверстие 5 предварительно.

$\ell_0 = 85\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 7,5\text{мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 85 + 7,5 = 92,5\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{04} = \frac{92,5}{33} \cdot 1 = 2,8\text{мин}$$

Переход 5. Расточить отверстие 8 предварительно.

$\ell_0 = 32\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 5,5\text{мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 30 + 5,5 = 35,5\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{05} = \frac{35,5}{97} \cdot 1 = 0,37\text{мин}$$

Переход 6. Сверлить отверстие 6.

$\ell_0 = 4,3\text{мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 2,5\text{мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 4,3 + 2,5 = 6,8\text{мм}$.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{06} = \frac{6,8}{430} = 0,02 \text{ мин}$$

Переход 7. Сверлить предварительно 6-ть отверстий 9 в размер $\varnothing 27$.

$$\ell_o = 64 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 9,2 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 64 + 9,2 = 73,2 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=6$.

$$t_{07} = \frac{73,2}{71} \cdot 6 = 6,2 \text{ мин}$$

Переход 8. Развернуть 6-ть отверстий 9.

$$\ell_o = 64 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 4,8 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 64 + 4,8 = 68,8 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=6$.

$$t_{08} = \frac{68,8}{44} \cdot 6 = 9,4 \text{ мин}$$

Переход 9. Сверлить отверстия 10 под резьбу.

$$\ell_o = 12,5 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 3,2 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 12,5 + 3,2 = 15,7 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=7$.

$$t_{09} = \frac{15,7}{233} \cdot 7 = 0,47 \text{ мин}$$

Переход 10. Фрезеровать резьбу в отверстиях 10.

$$\ell_o = 12,5 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 2,8 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 12,5 + 2,8 = 15,3 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=7$.

$$t_{010} = \frac{15,3}{109} \cdot 7 = 1,0 \text{ мин}$$

Переход 11. Расточить отверстие 5 окончательно.

$$\ell_o = 85 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 7,5 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 85 + 7,5 = 92,5 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{011} = \frac{92,5}{28} = 3,3 \text{ мин}$$

Переход 12. Расточить отверстие 8 окончательно.

$$\ell_o = 32 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 5,5 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 30 + 5,5 = 35,5 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{012} = \frac{35,5}{81} \cdot 1 = 0,44 \text{ мин}$$

Общее машинное время на установке Б:

$$t_{об} = 0,24 + 0,94 + 3,09 + 2,8 + 0,37 + 0,02 + 6,2 + 9,4 + 0,47 + 1,0 + 3,3 + 0,44 = 28,3 \text{ мин}$$

Общее машинное время на операции:

$$t_o = 4,65 + 28,3 = 32,95 \text{ мин}$$

Определим элементы вспомогательного времени [7, с. 98]:

$$t_{yc} = 2,21 \text{ мин}; t_{yp} = 5,05 \text{ мин}; t_{изм} = 8,19 \text{ мин.}$$

$$t_b = 2,21 + 5,05 + 8,19 = 15,45 \text{ мин.}$$

Оперативное время [7, с. 101]:

$$t_{оп} = t_o + t_b = 32,95 + 15,45 = 48,4 \text{ мин}$$

Время технического обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{tex} = \frac{6 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{6 \cdot 48,4}{100} = 2,90 \text{ мин}$$

Время организационного обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{8 \cdot 48,4}{100} = 3,87 \text{ мин}$$

Время на отдых [7, с. 102]:

$$t_{от} = \frac{2,5 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{2,5 \cdot 48,4}{100} = 1,21 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 48,4 + 2,90 + 3,87 + 1,21 = 56,4 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время [7, с. 216-217]:

$$T_{пз} = 18 \text{ мин}$$

Тогда:

$$T_{шт-к} = \frac{18}{9} + 56,4 = 58,4 \text{ мин}$$

1.3. Разработка управляющей программы для технологической

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

операции обработки детали «Шатун»

Проектируемый технологический процесс механической обработки детали «Шатун» предполагает использование обрабатывающего центра с ЧПУ модели Hermle C30U. Данный станок оснащен системой ЧПУ Siemens.

Системы ЧПУ Sinumerik выпускаются для широкого ряда станков с ЧПУ. Эти системы ЧПУ имеют широкий ряд опций для различных областей применения, от мелких мастерских до крупных предприятий аэрокосмической промышленности. Модель 840D обеспечивает максимально возможную производительность и гибкость при любых типах обработки, в том числе и на сложных многоосевых системах. Программное ядро системы ЧПУ (VNCK) позволяет производить расширенную симуляцию обработки на станке в NX CAM или на виртуальных станках.

NX CAM обеспечивает расширенные возможности программирования, соответствующие широким возможностям систем ЧПУ Sinumerik. Для того чтобы постпроцессор обеспечивал оптимизированный вывод для систем ЧПУ Sinumerik в таких областях, как высокоскоростное резание или 5-осевая обработка, NX CAM сочетает автоматически выбираемые и пользовательские параметры.

Программное ядро VNCK, поставляемое с NX CAM в качестве дополнения, обеспечивает управляемое системой ЧПУ симуляцию для выполнения полной проверки программ и обеспечения точной оценки времени обработки. NX предлагает различные шаблоны постпроцессора и проверенные постпроцессоры, подходящие для широкого ряда станков с системами ЧПУ Sinumerik.

Данная система ЧПУ имеет простое, ориентированное на пользователя управление, которое позволяет достаточно быстро составлять программы и обладает следующими возможностями:

- программирование возможно непосредственно на ЧПУ или на внешних носителях (CAD/CAM);

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- фрезерные циклы: круговые карманы, прямоугольные карманы, изогнутые карманы, плоское фрезерование;
- циклы сверления: простое сверление, сверление с выдержкой по времени, сверление глубоких отверстий, нарезание резьбы метчиком;
- высверливание рисунков: ряды отверстий, отверстия по кругу /сегменту, свободное позиционирование отверстия, прямоугольник/параллелограмм.

Запись информации в УП осуществляется по определенным правилам, которые указывают, как записывать информацию в каждом кадре УП, а

также правила записи слов внутри каждого кадра.

В ВКР управляющую программу разработаем на 005 операцию «Комплексная на ОЦ с ЧПУ» установ А. Операция состоит из пяти переходов:

1. Фрезеровать поверхность 7.
2. Фрезеровать поверхность 13.
3. Фрезеровать поверхность 12.
4. Расточить отверстие 5 предварительно.
5. Расточить отверстие 8 предварительно.

Для разработки управляющей программы необходимо:

- выбрать инструмент;
- выбрать режимы резания;
- спроектировать траекторию движения инструмента;
- определить координаты опорных точек.

Выбор режущего инструмента приведен в главе 1.2.5.2.

Траектория движения инструмента и таблица координат опорных точек приведены на плакате 1.

Инструментам присвоим номера Т1...Т5.

Управляющая программа для операции 005 Установ А представлена в таблице 11.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 11 – Управляющая программа для операции 005 (Установ А)

1	2
Переход 1. Фрезеровать поверхность 7	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости X-Y, отмена компенсации длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T01	Выбор фрезы торцевой
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H01	Компенсация длины инструмента
S573 M04	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки

Продолжение таблицы 11

1	2
G0 X328 Y0 Z60.5	Быстрое перемещение инструмента 1 в опорную точку с указанными координатами
G1 X270 F0.55 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ
G0 Y-62	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
G1 X73 F1.0	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y90 Z190	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 2. Фрезеровать поверхность 13	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости X-Y, отмена компенсации длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T02	Выбор фрезы торцевой
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H01	Компенсация длины инструмента
S229 M04	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X65 Y0 Z88	Быстрое перемещение инструмента 2 в опорную точку с указанными координатами
G1 X-210 F0.88 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение

	рабочей подачи, включение подачи СОЖ
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y90 Z190	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 3. Фрезеровать поверхность 12	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости X-Y, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T03	Выбор фрезы
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки

Продолжение таблицы 11

1	2
G43 H02	Компенсация длины инструмента
S1=995 M04	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X110 Y0 Z91	Быстрое перемещение инструмента 3 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z77 F0.165 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ
X110 RND=55	Движение к заданным координатам на рабочей подаче, круговая интерполяция радиусом 55
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y90 Z190	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 4. Расточить отверстие 5 предварительно	
G18 G49 G90	Выбор рабочей плоскости X-Z, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T04	Выбор резца
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H04	Компенсация длины инструмента
S298 M04	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X95.8 Y0 Z92	Быстрое перемещение инструмента 4 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z-2 F0.40 M08	Перемещение инструмента в точку с

	указанными координатами, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y90 Z190	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 5. Расточить отверстие 8 предварительно	
G18 G49 G90	Выбор рабочей плоскости X-Z, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T05	Выбор резца
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки

Окончание таблицы 11

1	2
G43 H04	Компенсация длины инструмента
S869 M04	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X319.3 Y0 Z60	Быстрое перемещение инструмента 4 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z-2 F0.40 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y90 Z190	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
M30	Конец программы

2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данной ВКР производится разработка технологического процесса детали «Шатун» на участке механической обработки в условиях мелкосерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 240 штук в год.

Разработанный технологический процесс обеспечивает технико-экономические показатели выпуска продукции высокого качества, максимальное использование обрабатывающего центра (ОЦ) с ЧПУ, применение стандартных приспособлений.

В экономической части проекта будет произведен расчет капитальных затрат и определение себестоимости изготовления детали по одному варианту, целью анализа является определение вложений в изготовление детали «Шатун».

По проектируемому варианту применяем обрабатывающий центр с ЧПУ модели Hermle C30U, режущий инструмент фирмы «Seco». Станок позволяет выполнить обработку детали «Шатун».

2.2. Расчет капитальных затрат

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определяем размер капитальных вложений по формуле [12]:

$$K = K_{об} + K_{прс} \quad (16)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{про}$ – капитальные вложения в программное обеспечение, руб.; т.к. предприятие располагает оборудованием для программирования станков с ЧПУ, то затрат на программное обеспечение нет.

Определяем количество технологического оборудования.

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [12]:

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, \quad (17)$$

где t – штучно-калькуляционное время операции, ч.;

$N_{год}$ – годовая программа производства деталей, по разрабатываемому варианту $N_{год}=240$ шт.;

$F_{об}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч.;

$k_{ВН}$ – коэффициент выполнения норм времени, $k_{ВН} = 1,02$;

k_3 – нормативный коэффициент загрузки оборудования, для серийного производства, $k_3 = 0,75 \div 0,85$.

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [12]:

$$F_{об} = F_n \left(1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (18)$$

где F_n – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч.;

k_p – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч.

Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при трёхсменной работе (ОЦ с ЧПУ):

$$F_{\text{н}} = 1970 \cdot 3 = 5910 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 9% для ОЦ с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (18), составляет:

$$F_{\text{об}} = 5910 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5378 \text{ ч.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени согласно раздела 1.2.6 по формуле (17). Данные по расчетам сводим в таблицу 12.

$$C_{\text{СЗ0U}} = \frac{0,97 \cdot 240}{5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,05$$

После расчета всех операций значений ($T_{\text{шт. (ш-к)}}$) и ($C_{\text{р.}}$) устанавливаем принятое число рабочих мест ($C_{\text{п.}}$), округляя для ближайшего целого числа полученное значение ($C_{\text{р}}$) [12].

Таблица 12 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{\text{шт. (ш-к)}}$), ч.	Расчетное количество станков, $C_{\text{р}}$	Принимаемое количество станков, $C_{\text{п}}$	Кз.ф.
СЗ0U	0,97	0,05	1	0,05
	$\Sigma T_{\text{шт. (ш-к)}} = 0,97$	0,05	$\Sigma C_{\text{п}} = 1$	

Определений капитальных вложений в оборудование.

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.				Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	C30U	1	20	20	35126,4	-	-	-	35126,4
Итого		1		20					35126,4

Капитальные вложения в оборудование ($K_{об}$) с учётом загрузки станков составляют: $0,05 \cdot 35126,4 = 1756,3$ т. руб.

2.3. Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле [12]:

$$C = Z_{зп} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и}, \quad (19)$$

где $Z_{зп}$ – затраты на заработную плату, руб.;

$Z_э$ – зарплата на технологическую энергию, руб.;

$Z_{об}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

$Z_{осн}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, руб.;

$Z_{и}$ – затраты на малоценный инструмент, руб.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [12]:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_{н} + Z_{к} + Z_{тр}, \quad (20)$$

где $Z_{\text{пр}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, руб.;

$Z_{\text{н}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, руб.;

$Z_{\text{к}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, руб.;

$Z_{\text{тр}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, руб.

Численность станочников вычисляем по формуле [12]:

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_{\text{р}}}, \quad (21)$$

где $F_{\text{р}}$ – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1970 ч.;

$k_{\text{мн}}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание, $k_{\text{мн}}=1$;

t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, по обоим вариантам

$N_{\text{год}} = 240$ шт.

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч;

241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч;

потери: 28 – отпуск очередной, 2 – потери по больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 36 дней).

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1682 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (21).

Результаты вычислений сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Раз-ряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	128,5	0,97	124,6	0,12
Итого				124,6	0,12

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$З_{\text{ЗП}} = 124,6 \cdot 240 = 29904 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{мн}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,16; K_{\text{р}} = 1,15.$$

$$З_{\text{ЗП}} = 29904 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 39892,0 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [12]:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_{\text{р}} \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{р}}}{N_{\text{год}}}, \quad (22)$$

где $F_{\text{р}}$ – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 240$ шт.;

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент, $K_{\text{р}} = 1,2$;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, $K_{\text{доп}} = 1,23$;

$C_T^{\text{всп}}$ – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, руб.;

$Ч_{\text{всп}}$ – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, руб.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле [12]:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_{\text{н}} \cdot n}{H}, \quad (23)$$

где $g_{\text{н}}$ – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет $g_{\text{н}} = 0,05$ шт.;

n – число смен работы оборудования, $n=3$;

N – число станков, обслуживаемых одним наладчиком, $N = 6$ шт.

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,05 \cdot 3}{6} = 0,03 \text{ чел.}$$

Аналогично определим численность электронщиков, при условии обслуживания электронщиком 4-х станков:

$$Ч_{\text{элек}} = \frac{0,05 \cdot 3}{4} = 0,04 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников, отсюда:

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,05 \cdot 0,12 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,07 \cdot 0,12 = 0,01 \text{ чел.}$$

По формуле (22) произведем вычисления заработной платы

вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал}} = \frac{109,2 \cdot 1685 \cdot 0,03 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{240} = 33,9 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{81,9 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{240} = 8,5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{75,4 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{240} = 7,8 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящуюся на одну деталь, сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	109,2	0,03	33,9
Транспортный рабочий	81,9	0,01	8,5
Электронщик	115,4	0,04	47,8
Контролер	75,4	0,01	7,8
Итого		0,09	98,0

Определим затраты на заработную плату за год:

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$З_{зп} = 98 \cdot 240 = 23520 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (20):

$$З_{зп} = 39892 + 23520 = 63412 \text{ руб.}$$

Страховые взносы

Страховые взносы в социальный фонд страхования составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Проектируемый вариант } 63412 \cdot 0,3 = 19023,6 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали-операции, рассчитываем по формуле [12]:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{ен}} \cdot Ц_э, \quad (24)$$

где N_y – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности, $k_N = 0,2 \div 0,4$;

$k_{вр}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, для крупносерийного производства $k_{вр} = 0,7$;

$k_{од}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка, $k_{од} = 0,75$ – при двух двигателях и $k_{од} = 1$ при одном двигателе;

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия, $k_w = 1,04 \div 1,08$;

η – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту станка);

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм, $k_{вн} = 1,02$;

$Ц_э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $Ц_э = 3,81 \text{ руб.}$

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Производим расчеты по вариантам по формуле (24):

$$З_3(C30U) = \frac{20 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,97}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,81 = 13,4 \text{ руб.};$$

Результаты расчета сводим в таблицу 16 по проектируемому варианту.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
C30U	20,0	0,97	13,4
Итого			13,4

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$З_3 = 13,4 \cdot 240 = 3216 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле [12]:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (25)$$

где $C_{рем}$ – затраты на ремонт технологического оборудования, руб.;

$C_{ам}$ – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, руб.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [12]:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_z \cdot k_{вн}}, \quad (26)$$

где $Ц_{об}$ – цена единицы оборудования, руб.;

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений, $H_{амH} = 8\%$;

t – штучно-калькуляционное время, мин.;

$F_{об}$ – годовой действительный фонд работы оборудования,

$$F_{\text{обнов}} = 5910 \text{ ч.};$$

k_3 – нормативный коэффициент загрузки оборудования, $k_3 = 0,85$;

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм, $k_{\text{вн}} = 1,02$.

Производим расчеты по вариантам по формуле (26):

$$C_{\text{ам}}(\text{C30U}) = \frac{35126,4 \cdot 0,08 \cdot 0,97}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 531,9 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования ($C_{\text{рем}}$) определяем по количеству ремонтных единиц и стоимости одной ремонтной единицы:

$\Pi_{\text{RE}} = 1152 \text{ руб.}$ Вычисления производим по формуле [12]:

$$C_{\text{рем}} = \frac{\Pi_{\text{RE}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}}, \quad (27)$$

где ΣRe - суммарное количество ремонтных единиц по количеству станков одного типа, шт.;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле (27):

$$C_{\text{рем}}(\text{C30U}) = \frac{1152 \cdot 1}{0,97 \cdot 240} = 4,90 \text{ руб.}$$

Результаты расчета заносим в таблицу 17.

Таблица 17 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по проектируемому варианту

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
C30U	35126,4	1	8	0,97	531,9	4,90
Итого					531,9	4,90

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (25):

$$З_{\text{п}} = 531,9 + 4,9 = 536,8 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле [12]:

$$З_{\text{эи}} = (\text{Ц}_{\text{пл}} \cdot n + (\text{Ц}_{\text{корп}} + k_{\text{компл}} \cdot \text{Ц}_{\text{компл}}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{\text{маш}} \cdot (T_{\text{ст}} \cdot b_{\text{фи}} \cdot N)^{-1},$$

(28)

где $З_{\text{эи}}$ – затраты на эксплуатацию сборного инструмента, руб.;

$\text{Ц}_{\text{пл}}$ – цена сменной многогранной пластины, руб.;

n – количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$\text{Ц}_{\text{корп}}$ – цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца, корпуса сборной фрезы/сверла), руб.;

$\text{Ц}_{\text{компл}}$ – цена набора комплектующих изделий (опорных пластин,

клиновых прижимов, накладных стружколомов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.), руб.;

$k_{\text{компл}}$ – коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Коэффициент эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия.

Максимальное значение $k_{\text{компл}} = 5$ соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

Q – количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Величина Q также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины.

Значения показателя Q рекомендованные для условий получистовой токарной обработки представлены в таблице;

N – количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

Для круглой пластины рекомендуется принимать $N = 6$;

$b_{\text{фи}}$ – коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента.

Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

$T_{\text{маш}}$ – машинное время, мин;

$T_{\text{ст}}$ – период стойкости инструмента, мин.

В таблицу 18 внесем параметры инструмента.

Таблица 18 – Параметры прогрессивного инструмента по проекту

Операция	Инструмент	Машинное время, мин.	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарн. период стойкости инструмента, мин	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
005	Державка MWLNL 2020K08 СМП WNMG 080408-M1 883	0,54	25601 725,4	 185	0,90	4,21
	Сверло SD265A-6.006-36-6R1	6,18	6531,2	125	0,90	2,15
	Сверло SD265A-04997-221-0551-R1	0,02	5963,2	113	0,90	11,11
	Державка A08K SCLCR06 СМП CСMT 060204-F1 TM4000	3,52	24563,2 621	 309	0,90	9,18

	Державка MWLNR 2020K08 СМП WNMG 080408-M1 883	0,66	19505		0,90	7,35
	Сверло SD502-31- 62-32R7 СМП СМП SPGX 0903- C1 T400D	6,20	21160		0,90	6,63
	Державка токарная R150.10- 2020-15 СМП 150.10-4N- 14 CP600	0,19	22156		0,90	3,23
	Сверло SD203A-3.0- 14-6R1	0,47	3123	175	0,90	4,14
	Фреза R217.79- 1820.0-10- 2A СМП XOMX 10T308TR- M09 F40M	2,36	25603		0,90	5,99
Итого						53,99

Результаты расчетов технологической себестоимости выпуска одной детали сводим в таблицу 19.

Таблица 19 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	343,5
Затраты на технологическую электроэнергию	13,4
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	536,8
Затраты на инструмент	53,99
Итого	947,69

Анализ уровня технологии производства.

Анализ уровня технологии производства является составляющей частью анализа организационно-тематического уровня производства.

Удельный вес каждой операции определяется по формуле [14]:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\% , \quad (29)$$

где T^t – штучно-калькуляционное время на каждую операцию;

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (29):

$$Y_{\text{оп}} (\text{C30U}) = \frac{0,97}{0,97} \cdot 100\% = 100\% .$$

Доля прогрессивного оборудования

Доля прогрессивного оборудования определяется по его стоимости в общей стоимости использования оборудования и по количеству. Удельный вес по количеству прогрессивного оборудования определяется по формуле:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\% , \quad (30)$$

где $g_{\text{пр}}$ – количество единиц прогрессивного оборудования, $g_{\text{пр}} = 1$ шт.;

g_{Σ} – общее количество использованного оборудования, $g = 1$ шт.

$$Y_{\text{пр}} = \frac{1}{1} \cdot 100\% = 100\% .$$

Определим производительность труда на программной операции [12]:

$$B = \frac{F_p \cdot K_{\text{вн}} \cdot 60}{t} , \quad (31)$$

где F_p – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в разработанном техпроцессе по (31):

$$B_{\text{пр.}} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{58,4} = 2077,4 \text{ шт/чел.год}$$

В таблице 20 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 20 - Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей по проектному варианту
-----------------------------	----------	--

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Годовой выпуск деталей	шт.	240
Количество видов оборудования	шт.	1
Количество рабочих	чел.	1
Сумма инвестиций	тыс. руб.	1756,3
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	0,97
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:		947,69
- затраты на инструмент	руб.	53,99
- заработная плата рабочих		343,5
Доля прогрессивного оборудования	%	100
Производительность труда	шт/чел.год	2077,4
Коэффициент загрузки оборудования		0,05

В результате разработки технологического процесса механической обработки детали «Шатун», определена технологическая себестоимость изготовления одной детали с применением станка моделей C30U, в сумме 947,69 руб.

3. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

Введение

Преддипломная практика проходила предприятии ООО «АРМЗ» по адресу Свердловская обл., г. Асбест, ул. Заводская, 14.

В результате прохождения практики, для выпускной квалификационной работы была выбрана деталь «Шатун».

На предприятии данная деталь планируется для внедрения на обрабатывающий центр с ЧПУ модели Hermle C30U.

Многофункциональный 5-координатный центр с ЧПУ Hermle C30U – это один из ключевых станков, которыми оснащено предприятие. Он предназначен для механической пятиосевой обработки высокой точности.

Немецкий станок Hermle – это высокопроизводительное оборудование, которое зарекомендовало себя на мировом рынке как один из лучших экземпляров в своем классе.

Центр с ЧПУ Hermle C30U позволяет одновременно выполнять различные виды операций, что повышает точность, экономит время и гарантирует высокое качество продукции.

Целью методической части выпускной квалификационной работы является анализ нормативной, программной и учебной документации и разработка урока теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры с ЧПУ модели Hermle C30U.

Цель раскрывается следующими задачами:

- Описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в учебном центре АРМЗ;
- Анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработка учебного плана повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса»;
- Разработка плана и плана-конспекта учебного занятия по теме «Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса»;
- Разработка методического обеспечения учебного занятия по теме «Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса».

3.1. Условия обучения и возможности обучающей организации

Система внутрифирменного обучения предприятия ООО «АРМЗ» организует на базе Центра подготовки персонала (ЦПП), который

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

осуществляет образовательную деятельность на основании бессрочной лицензии №001781 от 21.10.2011, выданной Министерством общего и профессионального образования Свердловской области.

ЦПП ежегодно организует внутрифирменную подготовку персонала по различным видам обучения: получение профессии вновь, переподготовка, обучение второй профессии, повышение квалификации. Профессиональная подготовка ведется по 137 программам с диапазоном тарифных разрядов с 1 по 7, со сроком обучения от 2 до 6 месяцев. Также ЦПП оказывает платные образовательные услуги в соответствии с планом-графиком профессиональной подготовки.

Центр подготовки персонала обладает всеми необходимыми условиями и требованиями, предъявленными к организации профессионального обучения персонала, соответствует лицензионным требованиям и условиям при осуществлении образовательной деятельности. В структуру ЦПП входит Центр подготовки рабочих массовых профессий, в котором организовано обучение молодежи по востребованным на производстве специальностям: токарь, фрезеровщик, оператор станков с ЧПУ, слесарь, электросварщик и крановщик.

Обучение организовано на условиях участия учеников в выпуске товарной продукции по заказу Общества.

Обучение (первичное, переподготовка, повышение квалификации) по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Характеристика работ. Ведение процесса обработки с пульта управления деталей на станках с программным управлением. Обслуживание многоцелевых станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и манипуляторов (роботов) для механической подачи заготовок на рабочее место. Управление группой станков с программным управлением. Установка инструмента в инструментальные блоки. Подбор и установка инструментальных блоков с заменой и юстировкой инструмента. Подналадка узлов и механизмов в процессе работы.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сроки обучения:

Теория - 1 месяц, практика - 2 месяца (для лиц имеющих профессию сроки могут быть сокращены).

По окончании курса обучения выдаются свидетельство об окончании, удостоверения установленного образца.

По заявкам предприятий обучение может проводиться на базе самих предприятий с выездом преподавателей на место обучения.

После прохождения теоретического обучения слушатели могут проходить практику на своем предприятии.

В учреждении имеются три учебных аудитории, в том числе компьютерный класс. В каждой аудитории имеются мультимедийные проекторы.

Таким образом, в учебном центре имеются достаточно обеспеченные материально условия для подготовки по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» с учетом того, что производственное обучение ведется непосредственно на предприятии на обрабатывающем центре Hermle C30U.

3.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Согласно Профессиональному стандарту, утвержденному приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «4» августа 2014г. № 530н, Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением (далее Стандарт) должен иметь:

-образование и обучение - Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)

-опыт практической работы - Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В таблице 21 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 21 – Описание трудовых функций

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
Наименование	уровень квалифи кации	Наименование	Код	уровень (подуро вень) квалифи кации
1	2	3	4	5
Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01.2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор	A/02.2	2

Окончание таблицы 21

1	2	3	4	5
простых и сложных деталей		режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06.2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом	A/07.2	2

		оборудовании		
Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	В/01.3	3
		Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3	3
		Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	В/04.3	3
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/01.4	4

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей».

Возможные наименования должностей:

- Наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд);
- Оператор обрабатывающих центров (4-й разряд);
- Оператор-наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд);
- Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации;
- Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации;
- Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации.

Требования к образованию и обучению: Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих).

Требования к опыту практической работы: Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Особые условия допуска к работе:

Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке.

Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте.

Обобщенная трудовая функция – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей» имеет код А и уровень квалификации - 2.

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции:

-Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам.

-Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте.

-Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях.

-Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК).

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

-Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы.

-Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам.

-Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании.

Выберем трудовую функцию – «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 2-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Анализ трудовой функции «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам»

Наименование	Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам.	Код	A/06.2	Уровень (подуровень) квалификации	2
1	2				
Трудовые действия Необходимые умения	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам				
	Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам				
	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке				

Окончание таблицы 22

1	2
Необходимые знания	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
	Необходимые знания по трудовым функциям A/01.2 – A/05.2
Трудовые действия	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам

В итоге анализа данной трудовой функции можно сформировать учебный план повышения квалификации операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре.

3.3. Разработка фрагмента учебного плана повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в учебном центре

Основополагающим документом по профессиональной подготовке Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре является программа повышения квалификации с 3-го по 4-й разряд.

Программа повышения квалификации состоит из теоретической части (56 академических часов) и производственного обучения (56 часа). Всего на обучение отводится 112 часа по учебно-тематическому плану.

В ходе обучения учащиеся изучают устройство обрабатывающих центров, а также обучаются настраивать и налаживать обрабатывающий центр Hermle C30U непосредственно в ходе практического обучения на предприятии.

Учебный график рассчитан на 4 часа в день с пяти часов, поскольку обучения ведется без отрыва от производства. Таким образом, срок обучения составляет 8 недель с учетом подготовки и сдачи квалификационного экзамена.

После прохождения курса сдаётся квалификационный экзамен, состоящий из теоретической (контрольный тест) и практической (обработка детали) частей. В случае успешной сдачи экзамена, присваивается 4-й разряд по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ.

Учебно-тематический план повышения квалификации по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ приведен в таблице 23. Таблица 23 – Фрагмент Учебно-тематического плана повышения квалификации по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Наименование темы	Количество часов			Форма контроля
	Общее	Теоретическое обучение	Практическое обучение	
<i>Теоретическое обучение</i>	56	34	22	
1. Современные металлорежущие инструменты	10	6	4	Задание по выбору инструмента

2. Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ	14	8	6	Задание по разработке технологии
3. Устройство станков с ЧПУ	14	10	4	Тест
4. Основы программирования обработки деталей на станках с ЧПУ	12	4	8	Задание по разработке УП
5. Техника безопасности и пожарная безопасность на предприятии	6	6	-	Тест
<i>Практическое обучение</i>	56	8	48	
Отработка управляющих программ токарной обработки деталей	32	4	28	Задание по отработке УП
Отработка управляющих программ фрезерования и сверления деталей	24	4	20	Задание по отработке УП
ИТОГО	112	42	70	

В таблице 24 приведено соотношение требований Профессионального стандарта и структуры учебно-тематического плана.

Таблица 24 - соотношение требований Профессионального стандарта и структуры учебно-тематического плана

Темы учебно-тематического плана	Требования Профессионального стандарта
<i>Теоретическое обучение</i>	
1. Современные металлорежущие инструменты	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
2. Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
3. Устройство станков с ЧПУ	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
4. Основы программирования обработки деталей на станках с ЧПУ	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
5. Техника безопасности и пожарная безопасность на предприятии	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам
<i>Практическое обучение</i>	
Отработка управляющих программ фрезерования и сверления деталей	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам

В методической части дипломного проекта выберем тему «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ». На эту тему отводится 14, из них - 8 часов теоретическое обучение, 6 – практическое. В следующем параграфе рассмотрим содержание выбранной темы и тематическое планирование.

3.4. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ»

Цели изучения темы «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ».

Знания:

- сформировывать у обучаемых знания маршрута обработки и структуры операционного технологического процесса: маршрута обработки детали, структуру операционного технологического процесса;
- сформировать у обучаемых знания последовательности обработки типовых деталей и поверхностей;
- сформировать у обучаемых знания определения межоперационных припусков и допусков;
- сформировать у обучаемых знания выбора траектории движения режущих инструментов;
- сформировать у обучаемых знания выбора режимов обработки на станках с ЧПУ: особенностях процесса резания на станках с ЧПУ, выбора режимов резания, нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ;
- сформировать у обучаемых знания эффективности работы режущих инструментов в условиях ГПС.

Умения:

- понимание закономерностей изучаемых явлений;

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- умение соотносить между собой понятия и факты, явления и сущность процессов;
- умение обосновать изложенные понятия, явления, обобщать и делать выводы;
- умение находить взаимосвязи и взаимозависимости в изучаемом материале.

Содержание темы «Выбор режимов обработки на станках с ЧПУ и техническое нормирование»: Особенности процесса резания на станках с ЧПУ. Выбора режимов резания. Нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ. Перспективно-тематический план приведен в таблице 25.

Таблица 25 - Перспективно-тематический план изучения темы «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ»

№ занятия	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Средства обучения	Форма организации
1	2	3	4	5	6
Тема 1 (1 час)	Маршрут обработки и структуры операционного	Образовательные: сформировывать у обучаемых знания маршрута обработки детали на ОЦ с ЧПУ и структуры операционного	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

Продолжение таблицы 25

	2	3	4	5	6
	технологического процесса	технологического процесса: маршрута обработки детали, структуру операционного технологического процесса Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты.	(демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).		

		чертежи, управляющие программы			
Тема 2 (1 час)	Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей	Образовательные: сформировывать у обучающихся знания последовательности обработки типовых деталей и поверхностей Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6
Тема 3 (1 час)	Межоперационные припуски и допуски	Образовательные: сформировать у обучающихся знания определения межоперационных припусков и допусков Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме,	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

		развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы			
Тема 4 (2 часа)	Выбор траектории движения режущих инструментов	Образовательные: сформировать у обучаемых знания выбора траектории движения режущих инструментов Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

Окончание таблицы 25

1	2	3	4	5	6
Тема 5 (2 часа)	Выбор режимов обработки на станках с ЧПУ	Образовательные: сформировать у обучаемых знания выбора режимов обработки на станках с ЧПУ: особенностях процесса резания на станках с ЧПУ, выбора режимов резания, нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

		производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы			
Тема 6 (1 час)	Эффективность работы режущих инструментов в условиях ГПС	Образовательные: сформировать у обучаемых знания эффективности работы режущих инструментов в условиях ГПС Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).		

3.5. Выбор и разработка плана и плана-конспекта занятия

Для дальнейшей разработки выберем тему «Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса»

Цели занятия:

Образовательные: сформировывать у обучаемых знания маршрута обработки и структуры операционного технологического процесса.

Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности к производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия

Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы

Учебно-наглядные пособия, используемые на уроке: учебник, справочник по допускам, плакаты с рисунками и схемами, рисунки на доске.

Методические указания: необходимо привить сознательное усвоение материала о маршруте обработки и структуры операционного технологического процесса.

Ход занятия

I. Организационная часть (1 минута)

Проверка присутствующих по журналу

II. Подготовка к изучению нового материала (1 минута).

Сообщение темы и целей урока.

III. Объяснение нового материала (30 минут).

3.1. Маршрут обработки деталей

Маршрут обработки деталей на станке с ЧПУ определяется последовательностью выполнения операций обработки. От него зависит точность изготовления детали и производительность обработки. Для обеспечения заданной точности необходимо соблюдать принцип деления процесса обработки на стадии: черновую, чистовую и отделочную. Однако в отдельных случаях на станках с ЧПУ приходится объединять черновую и чистовую операции, так как повышенная жесткость таких станков позволяет совмещать эти операции и обеспечивает высокую точность.

При определении последовательности обработки в целях уменьшения погрешности базирования следует, по возможности, придерживаться принципа постоянства технологической базы. Принятие решения о последовательности обработки должно начинаться с определения количества установок детали, необходимых для ее полной обработки.

Первая установка выбирается из условия наиболее удобного базирования заготовки на черновые или заранее подготавливаемые чистовые

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

базы. На ней желательно произвести обработку поверхностей, образующих технологические базы при последующих установках.

После выяснения требуемого количества и последовательности установок детали определяется последовательность ее обработки по зонам. В каждой зоне выделяются элементы, для которых устанавливаются вид обработки (черновая, чистовая) и требуемые типоразмеры режущих инструментов.

Отдельные элементы, обрабатываемые одним инструментом, группируются как внутри каждой зоны, так и для разных зон. Такое группирование позволяет выявить количество типоразмеров режущих инструментов для обработки всей детали.

Последовательность обработки по зонам определяется конструкциями детали и заготовки. При этом необходимо обеспечить максимально возможную жесткость на каждом участке обработки. Так, обработку корпусной детали с ребрами целесообразно начинать с фрезерования торцов ребер до обработки контура детали. Внутренний контур детали следует обрабатывать от центра к периферии.

При точении детали обработку нужно начинать с более жесткой части (большого диаметра) и заканчивать в зоне малой жесткости.

Отправным моментом при проектировании маршрута обработки является анализ существующего технологического опыта обработки данной детали (или групп деталей) на станках с ручным управлением. В ходе анализа преследуется цель максимально использовать апробированные технологические приемы, существующие оснастку и инструменты. Если деталь ранее не обрабатывалась, то для ознакомления подбирается аналогичная, находящаяся в производстве.

3.2. Структура операционного технологического процесса

Структура операции обработки детали на станке с ЧПУ несколько отличается от классической. Известно, что наиболее мелкой составляющей частью технологического процесса является переход, который

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

характеризуется единством обрабатываемой поверхности, режущего инструмента и режимов резания. Режимы резания при выполнении перехода на станках с ЧПУ могут изменяться из-за неравномерности припуска или особенностей форм обрабатываемых поверхностей. Поэтому есть основание не включать неизменность режимов резания в число параметров, определяющих переход.

Переходы на станках с ЧПУ подразделяют на элементарные, инструментальные, позиционные и вспомогательные (рис. 20).

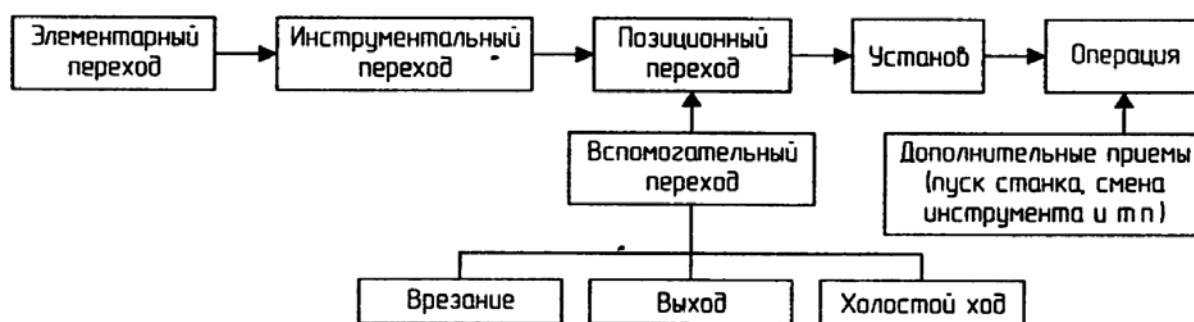


Рисунок 20 - Классификация элементов операции

Элементарный переход — непрерывный процесс обработки одной элементарной поверхности одним инструментом по заданной программе.

Из элементарных переходов образуется инструментальный переход, представляющий собой законченный процесс обработки одной или нескольких поверхностей одним инструментом при его непрерывном движении по заданной программе.

Вспомогательный переход — часть траектории движения инструмента, не связанная с образованием поверхности (врезание, выход, холостые ходы). В отличие от станков с ручным управлением вспомогательное время включает время на установку и снятие заготовки ($t_{в.у}$) и машинно-вспомогательное время ($t_{м-в}$), связанное с выполнением вспомогательных ходов и перемещений при обработке поверхностей.

Позиционный переход — совокупность инструментальных и вспомогательных переходов, выполняемых при неизменности позиции или положения обрабатываемой детали относительно рабочих органов станка.

Из совокупности переходов складывается операция. Операцией

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

механической обработки детали на станке с ЧПУ называется часть технологического процесса, выполняемая над определенной деталью непрерывно на одном рабочем месте по заданной программе и при одной настройке станка.

Понятие «операция на станке с ЧПУ» ограничено условием при постоянной настройке станка.

Операция может разбиваться на установовы. Установом называется часть технологической операции, выполняемая при Неизменном закреплении детали.

Операция механической обработки детали на станке с ЧПУ включает также ряд других приемов: измерение детали, смена инструмента, пуск станка и т.д.

Рассмотрим в качестве примера комплексную операцию 005 на ОЦ с ЧПУ Hermle C30U, на котором обрабатывается деталь «Шатун».

ГОСТ 3.1404-86										Форма 3	
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
										3	1
Разраб.											
Нач. бюро											
ФГАОУ ВО РГПУ										60142	
Шатун										005	
Н. контр.											
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Комплексная на ОЦ с ЧПУ		Сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71				12.41				17.02	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт.	СОЖ			
Hermle C30U				0,74	1,78	31	2,93				
Р		ПН	Д или В	L	t	i	S	n	V		
01	1. Установить, закрепить, снять.										
02	Приспособление специальное										
03											
04	2. Фрезеровать поверхность 7.										
05	Фреза торцевая R220.53-0050-09-5A; СМП SEEX 09T3AFN-M04 MM4500; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
06			50	110	2,5	1	0,55	573	90		
07											
08	3. Фрезеровать поверхность 13.										
09	Фреза торцевая R220.53-0125-09-8C; СМП SEEX 09T3AFN-M04 MM4500; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
10			125	29	3,0	1	0,88	229	90		
11	4. Фрезеровать поверхность 12.										
12	Фреза 553L160Z3.0-SIRON-A; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
13			16	22,5	2,5	1	0,165	995	50		
OK											4

Рисунок 21 – Операционная карта технологического процесса 005 операции детали «Шатун»

Определим элементарные, инструментальные, позиционные и вспомогательные.

На рисунке 23 представлены рассмотренные ранее виды переходов.

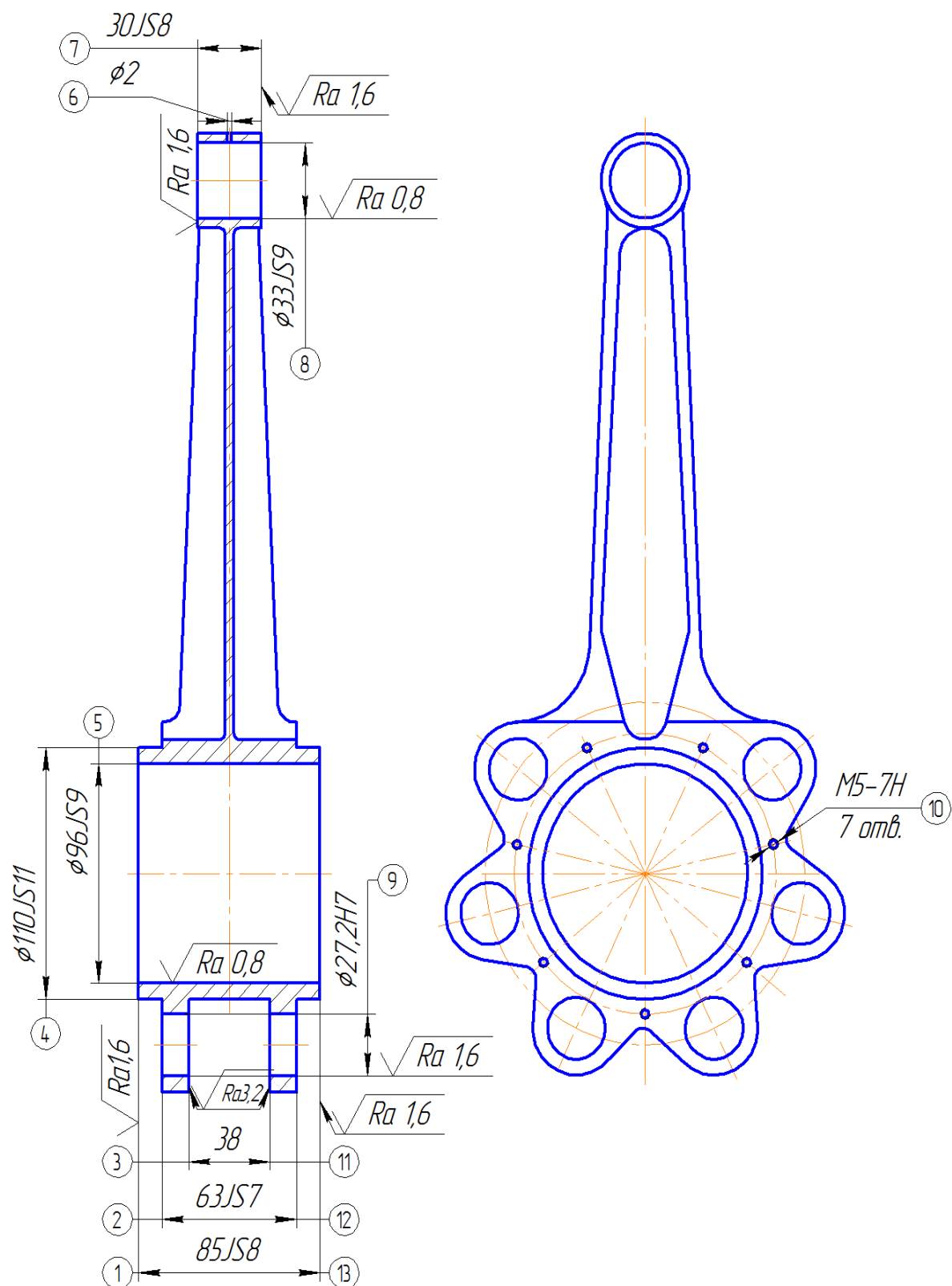


Рисунок 22 – Эскиз детали «Шатун»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.745 ПЗ

Лист

85

ГОСТ 3.1404-86										Форма 3	
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
										3	1
Разраб.											
Нач. бюро											60142
										Шатун	
Н. контр.											005
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Комплексная на ОЦ с ЧПУ		Сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71				12.41				17.02	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
Hermle C30U				0,74	1,78	31	2,93				
Р		П	Д или В	L	t	i	S	n	V		
01	1. Установить, закрепить, снять.										
02	Приспособление специальное		Вспомогательный переход								
03											
04	2. Фрезеровать поверхность 7.										
05	Фреза торцевая R220.53-0050-09-5A; СМП SEEX 09T3AFN-M04 MM4500; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
06	Элементарный переход			50	110	2,5	1	0,55	573	90	
07											
08	3. Фрезеровать поверхность 13.										
09	Фреза торцевая R220.53-0125-09-8С; СМП SEEX 09T3AFN-M04 MM4500; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
10	Инструментальный переход			125	29	3,0	1	0,88	229	90	
11	4. Фрезеровать поверхность 12.										
12	Фреза 553L160Z3.0-SIRON-A; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
13				16	22,5	2,5	1	0,165	995	50	
OK											4

ГОСТ 3.1404-86										Форма 3	
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
										3	1
Разраб.											
Нач. бюро											60142
										Шатун	
Н. контр.											005
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Комплексная на ОЦ с ЧПУ		Сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71				12.41				17.02	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
Hermle C30U				0,74	1,78	31	2,93				
Р		П	Д или В	L	t	i	S	n	V		
01	1. Установить, закрепить, снять.										
02	Приспособление специальное		Позиционный переход								
03											
04	2. Фрезеровать поверхность 7.										
05	Фреза торцевая R220.53-0050-09-5A; СМП SEEX 09T3AFN-M04 MM4500; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
06				50	110	2,5	1	0,55	573	90	
07											
08	3. Фрезеровать поверхность 13.										
09	Фреза торцевая R220.53-0125-09-8С; СМП SEEX 09T3AFN-M04 MM4500; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
10				125	29	3,0	1	0,88	229	90	
11	4. Фрезеровать поверхность 12.										
12	Фреза 553L160Z3.0-SIRON-A; Штангенциркуль ГОСТ 166-89										
13				16	22,5	2,5	1	0,165	995	50	
OK											4

Рисунок 23 – Переходы 005 операции технологического процесса детали «Шатун»

IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (10 минут).

4.1. Из какого условия выбирается первая установка детали?

Первая установка выбирается из условия наиболее удобного базирования заготовки на черновые или заранее подготавливаемые чистовые базы. На ней желательно произвести обработку поверхностей, образующих технологические базы при последующих установках.

4.2. Опишите последовательность обработки по зонам?

После выяснения требуемого количества и последовательности установок детали определяется последовательность ее обработки по зонам. В каждой зоне выделяются элементы, для которых устанавливаются вид обработки (черновая, чистовая) и требуемые типоразмеры режущих инструментов.

Отдельные элементы, обрабатываемые одним инструментом, группируются как внутри каждой зоны, так и для разных зон. Такое группирование позволяет выявить количество типоразмеров режущих инструментов для обработки всей детали.

Последовательность обработки по зонам определяется конструкциями детали и заготовки. При этом необходимо обеспечить максимально возможную жесткость на каждом участке обработки. Так, обработку корпусной детали с ребрами целесообразно начинать с фрезерования торцов ребер до обработки контура детали. Внутренний контур детали следует обрабатывать от центра к периферии.

При точении детали обработку нужно начинать с более жесткой части (большого диаметра) и заканчивать в зоне малой жесткости.

4.3. Чем отличается структура операции обработки на станках с ЧПУ.

Структура операции обработки детали на станке с ЧПУ несколько отличается от классической. Известно, что наиболее мелкой составляющей частью технологического процесса является переход, который характеризуется

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

единством обрабатываемой поверхности, режущего инструмента и режимов резания. Режимы резания при выполнении перехода на станках с ЧПУ могут изменяться из-за неравномерности припуска или особенностей форм обрабатываемых поверхностей. Поэтому есть основание не включать неизменность режимов резания в число параметров, определяющих переход.

4.4. На какие переходы подразделяют переходы на станках с ЧПУ?

Переходы на станках с ЧПУ подразделяют на элементарные, инструментальные, позиционные и вспомогательные.



4.5. Дайте определения понятиям: «Элементарный переход», «Вспомогательный переход», «Позиционный переход», «Операция», «Установ».

Элементарный переход — непрерывный процесс обработки одной элементарной поверхности одним инструментом по заданной программе.

Вспомогательный переход — часть траектории движения инструмента, не связанная с образованием поверхности (врезание, выход, холостые ходы).

Позиционный переход — совокупность инструментальных и вспомогательных переходов, выполняемых при неизменности позиции или положения обрабатываемой детали относительно рабочих органов станка.

Операцией механической обработки детали на станке с ЧПУ называется часть технологического процесса, выполняемая над определенной деталью непрерывно на одном рабочем месте по заданной программе и при одной настройке станка.

Понятие «операция на станке с ЧПУ» ограничено условием при постоянной настройке станка.

Установом называется часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении детали.

V. Подведение итогов занятия (1 минута).

Обучающийся должен знать: маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса.

VI. Домашнее задание (2 минуты)

Изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.

Таблица 26 – План занятия

Этапы урока, время	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебных действий
1	2	3
Организационная часть, 2 минуты	I. Организационная часть (1 минута) Проверка присутствующих по журналу II. Подготовка к изучению нового материала (1 минута). Сообщение темы и целей урока.	Урок начинается с вводной организационной части, проверки присутствующих по журналу, сообщения темы и целей урока, Действия учащихся: отзываются на фамилии, записывают тему урока, отвечают на вопросы преподавателя.
Объяснение нового материала, 30 минут	III. Объяснение нового материала (30 минут). 3.1. Маршрут обработки деталей 3.2. Структура операционного технологического процесса	Действия преподавателя: при объяснении нового учебного материала преподаватель использует словесные методы: устное изложение нового материала, беседу; использует наглядные методы: показ натуральных (инструменты, приборы, детали и узлы оборудования, образцы материалов, изделий и т.п.); изобразительных (плакаты, модели, макеты, схемы) средств наглядности. Действия учащихся: слушают преподавателя, конспектируют новый материал, зарисовывают схемы и рисунки, рассматривают средства наглядности, отвечают на вопросы преподавателя
	IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (10 минут). 4.1. Из какого условия выбирается первая установка детали? 4.2. Опишите последовательность обработки по зонам?	Преподаватель опрашивает группу учащихся по новой теме, задает вопросы, используя вопросно-ответный метод – беседу, дает задание - решить два примера, подводит итоги о проделанной работе.

Окончание таблицы 26

1	2	3
систематизация знаний по усвоению нового	4.3. Чем отличается структура операции обработки на станках с ЧПУ. 4.4. На какие переходы подразделяют переходы на станках с ЧПУ? 4.5. Дайте определения понятиям: «Элементарный переход», «Вспомогательный переход», «Позиционный переход», «Операция», «Установ».	Действия учащихся: отзываются на фамилии, записывают тему урока, отвечают на вопросы преподавателя. Учащиеся отвечают на вопросы преподавателя, глядя на наглядные средства обучения, решают два примера.
Выдача домашнего задания, 3 минуты	V. Подведение итогов занятия (1 минута) Обучающийся должен знать: маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса. VI. Домашнее задание (2 минуты) Изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.	Преподаватель подводит итоги по пройденной теме, выдает домашнее задание: изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту. Учащиеся слушают преподавателя, записывают домашнее задание.

3.6. Разработка методического обеспечения

Тестовые задания

В заданиях 1 – 4 выберите один вариант правильного ответа.

1. Переходы на станках с ЧПУ подразделяют на

А. элементарные

Б. черновые

В. чистовые

Ответ: ____

2. Из элементарных переходов образуется

А. элементарные

Б. чистовые

В. инструментальные

Ответ: ____

3. Совокупность инструментальных и вспомогательных переходов

А. элементарный

Б. позиционные

В. чистовой

Ответ: ____

4. Переход, при котором часть траектории движения инструмента не связана с образованием поверхности

А. вспомогательные

Б. позиционные

В. черновой

Ответ: ____

В заданиях 5 – 9 впишите недостающую информацию в соответствующие графы

5. Элементарный переход — _____ обработки одной _____ одним инструментом по заданной программе.

6. Вспомогательный переход — часть _____, не связанная с образованием поверхности (врезание, выход, холостые ходы).

7. Позиционный переход — совокупность _____ и _____ переходов, выполняемых при _____ или положения обрабатываемой детали относительно рабочих органов станка.

8. Операцией механической обработки детали на станке с ЧПУ называется часть _____, выполняемая над определенной деталью _____ на _____

по заданной программе и при _____.

Понятие «операция на станке с ЧПУ» ограничено условием при постоянной настройке станка.

9. Установом называется часть _____,
выполняемая при неизменном _____.

Эталоны ответов:

1. А
2. В
3. Б
4. А
5. непрерывный процесс, элементарной поверхности
6. траектории движения инструмента
7. инструментальных, вспомогательных, неизменности позиции
8. технологического процесса, непрерывно, одном рабочем месте,
одной настройке станка
9. технологической операции, закреплении детали

Заключение

В методической части ВКР проведен анализ нормативной, программной и учебной документации и разработка урока теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры Hermle C30U.

Решены следующие задачи:

- Приведено описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в учебном центре;
- Проведен анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработан учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработано содержание и плана проведения учебных занятий по теме «Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса»;
- Разработан план и план-конспект учебного занятия по теме «Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса»;
- Разработано методическое обеспечение учебного занятия по теме «Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса» в форме тестовых заданий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс механической обработки детали «Шатун» в условиях серийного производства с использованием оборудования с ЧПУ.

В разработанной технологии применяется современные высокопроизводительные обрабатывающий центр с программным управлением.

Это позволило сократить время механической обработки, уменьшить тяжесть труда привлеченных к обработке детали рабочих.

Также была разработана управляющая программа на комплексную операции с ЧПУ.

В экономической части выпускной квалификационной работы были определены единовременные вложения, себестоимость обработки детали по проектному варианту. Согласно расчетам, вложения составят 1756,3 т. руб., технологическая себестоимость изготовления одной детали с применением станка модели С30U составит 947,69 руб. Применение современного ОЦ с ЧПУ позволяет снизить трудоемкость изготовления детали, повысить эффективность и производительность изготовления.

В методической части ВКР была разработана методика проведения урока теоретического обучения для операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А, Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.-256 с.
2. Григорьев В. М. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 67 с.
3. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.
4. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.
5. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. 138 с.
6. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 34 с.
7. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137с.
8. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. 41с.
9. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. – 526 с.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

10. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.1-656 с., ил.
11. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.2-612 с., ил.
12. Техничко-экономические расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. – сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.
13. Электронный каталог «Seco», Токарная обработка, 2015 г.
14. Электронный каталог «Seco», Обработка отверстий, 2015 г.
15. Электронный каталог «Seco», Нарезание резьб, 2015 г.
16. Электронный каталог «Seco», Фрезерование, 2015 г.
- 17.http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/12x18h10t (Дата обращения 21.03.2018.).
18. Электронный каталог «Seco», Монолитный инструмент, 2015 г.
19. <http://poznayka.org/s10626t1.html> (Дата обращения 20.04.2018.).
20. http://steelcast.ru/die_steel (Дата обращения 09.02.2018.).
21. <https://www.chipmaker.ru/files/file/4418/> (Дата обращения 15.02.2018.).
22. <https://studfiles.net/preview/5583865/page:6/> (Дата обращения 20.04.2018.)
23. Шалунова М.Г. , Эрганова Н.Е. Практикум по методике профессионального обучения: Учеб. пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001.67 с.
24. Шапоринский С.А. Вопросы теории производственного обучения. – М: Высшая школа, 1981. 208 с.

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

25.Эрганова Н. Е. Основы методики профессионального обучения:
Учеб. пособие. -2-е изд. и доп. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед.

ун-та, 1999. 138 с.

26.<http://www.rsvpu.ru> (официальный сайт РГППУ)

27.<http://www.zik.ru> (Дата обращения 25.03.2018)

28.<http://edu-professional.ru/graduate/> (Дата обращения 20.03.2018)

29.<http://profstandart.rosmintrud.ru/web/ps1539914> (Дата обращения
25.04.2018.)

30.<http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833> (Дата обращения
17.05.2018).

					ДП 44.03.04.745 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов
1.Шатун Штамповка	ДП 44.03.04.745.01	A1	1
2.Шатун	ДП 44.03.04.745.02	A1	1
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.745.Д01	A1	1
4. Иллюстрация Техпроцесса	ДП 44.03.04.745.Д02	A1	1
5. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.745.Д03	A1	1
6. Фрагмент управляющей программы	ДП 44.03.04.745.Д04	A1	1
7. Техничко-экономические показатели проекта	ДП 44.03.04.745.Д05	A1	1
Итого: Листов формата A1			7